

Evaluasi Kekuatan Perkerasan Sisi Udara (*Runway, Taxiway, Apron*) Bandara Juanda dengan Metode Perbandingan ACN-PCN

R.Haryo Triharso Seno dan Ervina Ahyudanari

Teknik Sipil - Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: ervina@ce.its.ac.id

Abstrak—Fasilitas sisi udara merupakan fasilitas pergerakan pesawat. Fasilitas ini harus memenuhi kekuatan struktur untuk melayani pergerakan pesawat-pesawat yang beroperasi sesuai dengan perencanaan. Tujuan dari penyusunan makalah ini adalah untuk menganalisis apakah perkerasan fasilitas sisi udara di Bandar Udara Juanda saat ini sudah memenuhi batas PCN yang dipersyaratkan atau belum. Analisis dilakukan dengan cara mengevaluasi kekuatan perkerasan *runway*, *taxiway*, dan *apron* eksisting menggunakan metode perbandingan PCN-ACN yang didapat dari pabrik pembuat pesawat, perhitungan dengan *software* COMFAA dan perhitungan dari Canadian Department of Transportation. Data yang digunakan adalah data pergerakan pesawat termasuk jumlah pergerakan tahunan dan tipe pesawat. Data kekuatan perkerasan sisi udara diperlukan untuk proses analisis. Hasil dari evaluasi menunjukkan B773 memiliki nilai ACN yang melebihi nilai PCN sebesar 50% untuk *apron* dan 25% untuk *runway/taxiway*. Besar kelebihan nilai ACN ini tidak mempengaruhi kekuatan struktural karena frekuensi pergerakan yang hanya 45 pergerakan per tahun. Dampak lain adalah pada fungsional perkerasan yang menunjukkan berkurangnya kekesatan *runway* dari hasil sand patch test.

Kata Kunci—ACN, Bandara Juanda, COMFAA, kekuatan perkerasan, PCN

I. PENDAHULUAN

Jumlah penumpang yang menggunakan jasa penerbangan sipil selalu meningkat dari tahun ke tahun dan kebutuhan para maskapai akan pesawat yang efisien direspon para produsen pesawat terbang sipil yang setiap dekade selalu meluncurkan pesawat terbang jarak jauh yang berkapasitas besar dengan bahan bakar hemat.

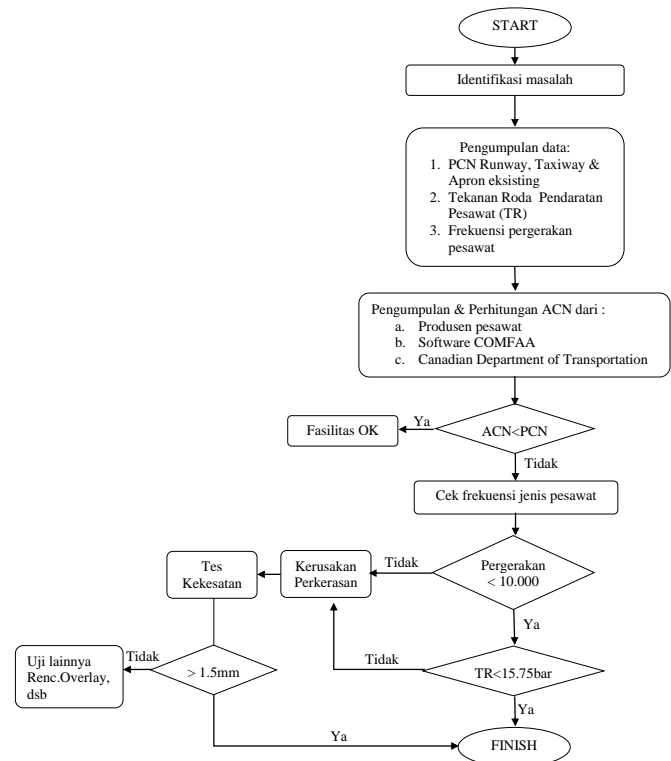
Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki bandar udara sipil sebanyak 237 bandara dengan 26 bandara yang mampu didarati oleh pesawat berbadan lebar [1], sehingga sekitar 89% landas pacu di bandar udara di Indonesia dibangun untuk melayani pesawat kecil dengan bobot sekitar 20 s.d 40 ton.

Landas Hubung dan Landas Pacu Bandar Udara Juanda dibangun pada tahun 1960-an dengan pesawat penumpang

pertama yang mendarat adalah Convair 990 (berat kosong 54.8 ton, MTOW 114 ton) dengan penumpang Ir.H.Djuanda pada bulan Oktober 1963 [2].

Pesawat yang beroperasi di bandara Juanda hingga tahun 2013 bervariasi dan mempengaruhi nilai ACN dari masing-masing pesawat tersebut. Dengan data nilai PCN pada fasilitas sisi udara seperti yang disebutkan tersebut, timbul suatu pertanyaan berkaitan dengan kekuatan perkerasan sisi udara dalam menerima beban pesawat yang bervariasi. Makalah ini dimaksudkan untuk mengevaluasi kekuatan perkerasan sisi udara bandara Juanda akibat variasi pergerakan pesawat dengan membandingkan nilai ACN dan PCN.

II. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Flow chart Metodologi

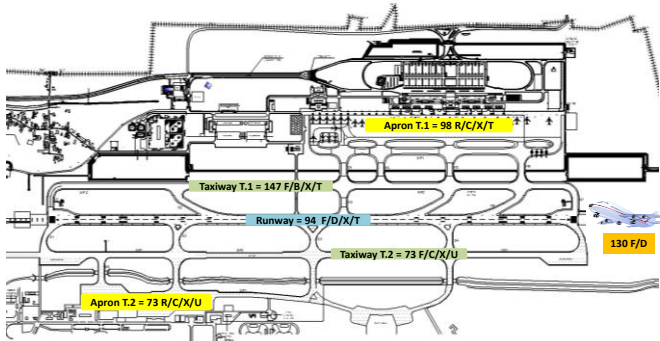
A. Tahapan Analisis

1. Mengidentifikasi potensi masalah yaitu belum pernah ada kajian terhadap PCN fasilitas sisi udara atas ACN pesawat tersebut dan tekanan roda pesawat terhadap perkerasan fasilitas sisi udara.

2. Mengumpulkan data jenis pesawat, frekuensi, PCN, tekanan roda pendaratan, MTOW pesawat. Pengumpulan data tersebut dapat diperoleh dari Airport Operation Department AP.1. Untuk data PCN dapat diperoleh dari Airport Readiness Department AP.1. Sedangkan data tekanan roda diperoleh dari "line maintenance" masing-masing maskapai yang beroperasi.

3. Data pergerakan pesawat Boeing 777-300 di Bandara Juanda pada tahun 2013 adalah 45 pergerakan dari total 139.263 pergerakan per tahun. Sesuai dengan data fasilitas bandara Juanda bulan Mei 2014 nilai PCN fasilitas sisi udara bandara Juanda adalah sebagai berikut :

- a. Landas pacu memiliki PCN 94 F/D/X/T
- b. Landas hubung T.1 memiliki PCN 147 F/B/X/T
- c. Landas hubung T.2 memiliki PCN 73 F/C/X/U
- d. Tempat parkir pesawat T.1 memiliki PCN 98 R/C/X/T
- e. Tempat parkir pesawat T.2 memiliki PCN 73 R/C/X/U



Gambar 2. Nilai PCN Fasilitas Sisi Udara di Bandara Juand [3].

4. Melakukan *cross check* dan validasi atas seluruh data yang terkumpul. Untuk data jenis pesawat akan di-*cross check* dengan situs internet yang menampilkan lalu-lintas udara secara *realtime (live air traffic)*. Data tekanan roda akan di-*cross check* dengan *form checklist* harian dari masing-masing maskapai. Data MTOW akan di-*cross check* dengan spesifikasi teknis dari pabrik pembuat pesawat yang bersangkutan. Data PCN akan di-*cross check* dengan buku AIP (aeronautical Information Publication) edisi terbaru yang diterbitkan oleh Dirjen Perhubungan Udara.

5. Mencari buku & referensi yang terkait dengan metoda penentuan ACN pesawat & efek tekanan roda pendaratan terhadap perkerasan yang dilaluinya.

6. Membandingkan teori dengan data yang sudah terkumpul yaitu apakah jumlah pergerakan pesawat di bandara Juanda masih dalam batas maksimal atau sudah melebihi batas.

7. Selain itu data tekanan roda maksimum dalam kode nilai PCN yang dimiliki perkerasan juga akan dibandingkan dengan tekanan roda pesawat yang beroperasi.

8. Menganalisis kondisi fasilitas sisi udara eksisting, terutama dari sisi kekuatan dan akibat yang terjadi kepadanya.

9. Seluruh perbandingan diatas dilakukan terhadap perkerasan lentur, perkerasan kaku dan pada seluruh fasilitas sisi udara yaitu landas pacu, landas hubung dan tempat parkir pesawat.

10. Memberi masukan kepada pengelola bandara tentang kondisi perkerasan fasilitas sisi udara dengan pesawat yang beroperasi saat ini.

B. Metode perhitungan ACN

Telah diperoleh data jenis pesawat dan frekuensi pergerakan pesawat di Bandara Juanda selama tahun 2013 dari Pengelola Bandara Juanda [4] , selanjutnya akan dihitung nilai ACN masing-masing jenis pesawat tersebut baik untuk perkerasan lentur atau perkerasan kaku.

Pada uraian dibawah ini akan dibahas perhitungan nilai ACN pesawat dengan 3 metode yaitu :

- Metode dari Aircraft Manufacturer
- Menggunakan software COMFAA
- Memakai tabel Canadian Department of Transportation [5].

C. Metode dari Aircraft Manufacturer

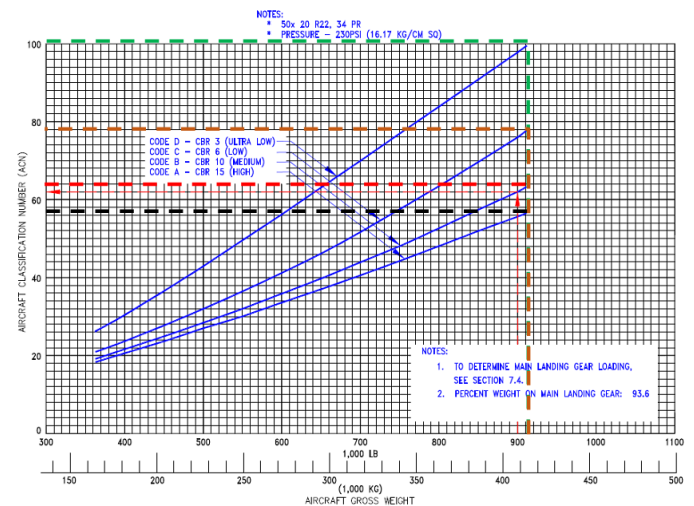
Grafik dari produsen pesawat, dapat kita pakai menentukan nilai ACN sebuah pesawat. Data yang diperlukan adalah berat kotor pesawat dan jenis subgrade yang terdapat pada runway/taxiway/apron yang akan dilalui oleh pesawat tersebut.

Sebagai contoh dipilih Boeing 747 - 400ER, *flexible pavement* dengan data sebagai berikut :

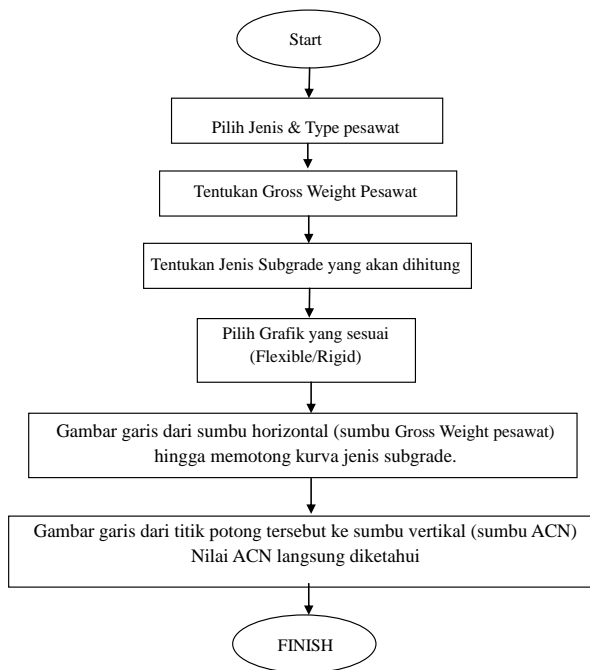
- Aircraft gross weight = 913 Lbs
- Beban pesawat pada *landing gear* = 93.6%
- Jenis *subgrade* = Code A (*high*)

Maka dengan menarik garis pada grafik ACN vs *Aircraft Gross Weight* diperoleh nilai ACN = 57

Dengan cara yang sama dapat diperoleh ACN untuk subgrade B =64, subgrade C=79 dan subgrade D=101



Gambar 3. ACN (Flexible Pavement) Model 747-400ER, 747-400ER Freighter [6]



Gambar 4. Flowchart Menghitung ACN Pesawat Metoda Aircraft Manufacturer

D. Menggunakan software COMFAA

COMFAA telah menyediakan beberapa jenis pesawat berikut data teknisnya yang sudah ada di library program tersebut, untuk pesawat yang tidak tercantum dalam library COMFAA maka kita harus mencari informasi data teknis pesawat tersebut yang kita inputkan di COMFAA dimana untuk selanjutnya program akan menghitung sendiri nilai ACN pesawat tersebut.

Adapun tahap perhitungan ACN dengan COMFAA adalah sebagai berikut :

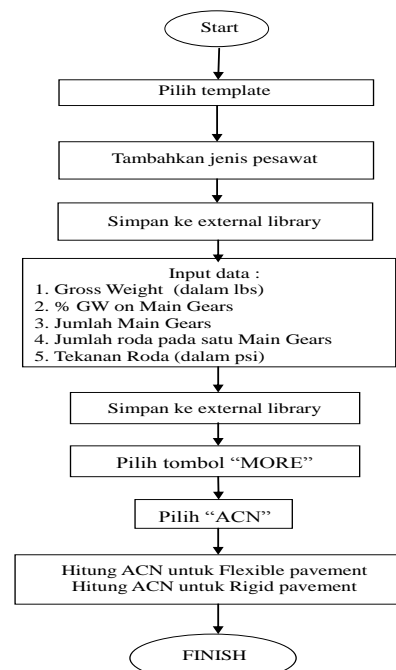
Jenis pesawat sudah ada di library COMFAA.

1. Menentukan group pesawat (military, general aviation, boeing, dsb) yang terletak di bagian kiri tampilan program, dilanjutkan dengan memilih jenis pesawat (C-130, B777-300, A330-200, dsb)
2. Pada tampilan di tengah terdapat gambar dua lingkaran berwarna hitam, gambar ini adalah default konfigurasi roda pendaratan yang dimiliki oleh jenis pesawat yang kita pilih.
3. Selanjutnya pada tampilan “computational modes” dipilih “MORE” di sisi kanan bawah yang menyebabkan pergantian tampilan “computational modes” menjadi beberapa pilihan yaitu ACN, PCN, MGW, Thickness, Flexible, Rigid, dsb
4. Di kelompok “computational modes”, pilih mode “ACN” dan selanjutnya pilih tombol “FLEXIBLE” untuk beton aspal atau pilih “RIGID” untuk perkerasan semen beton.

Nilai ACN untuk perkerasan rigid & flexible ditampilkan dalam satu tabel. Untuk perkerasan flexible, nilai ACN yang dibaca adalah semua angka dibawah kolom “ACN Flex” sedangkan untuk perkerasan rigid, nilai ACN yang dibaca adalah semua angka dibawah kolom “ACN Rig”

Jenis pesawat tidak ada di library COMFAA.

1. Pilih group pesawat “General Aviation” di bagian kiri tampilan program, dilanjutkan dengan memilih template jenis pesawat di bagian “Aircraft Library”. Sebagai contoh akan kita hitung ACN dari pesawat Bombardier seri CRJ-900 (Regional Jet-900) karena di COMFAA hanya ada Regional Jet-700 (CRJ-700), CRJ-900 harus dibuat sendiri.
2. Pilih tipe/seri pesawat “Single wheel 40” karena roda pendaratan CRJ-900 adalah tipe single wheel, angka 40 adalah berat pesawat dalam ribuan lbs, nanti akan kita sesuaikan dengan berat CRJ-900. Kita tambahkan dulu jenis pesawat di “Aircraft Library” dengan memilih tombol “Add Aircraft”. Pada menu yg muncul kita isikan CRJ-900. Kemudian template ini disimpan dengan memilih tombol “Save Ext File” .
3. Pada tampilan di tengah terdapat gambar dua lingkaran berwarna hitam, gambar ini adalah default konfigurasi roda pendaratan yang dimiliki oleh jenis pesawat yang kita pilih.
4. Selanjutnya pada tampilan “computational modes” dipilih “MORE” di sisi kanan bawah yang menyebabkan pergantian tampilan “computational modes” menjadi beberapa pilihan yaitu ACN, PCN, MGW, thickness, Flexible, Rigid, dsb
5. Di kelompok “computational modes”, pilih mode “ACN” dan selanjutnya pilih tombol “FLEXIBLE” bila perkerasan kita dari beton aspal atau pilih “RIGID” bila perkerasan kita dari semen beton.
6. Data yang harus dimasukkan secara manual adalah data berat kotor pesawat (gross weight) dalam satuan lbs, data tekanan roda pendaratan (tire pressure) dalam satuan psi, prosentase berat kotor yang tertumpu pada roda pendaratan (% GW on Main Gears).
7. Setelah data diatas diisikan, Nilai ACN untuk Flexible dan Rigid pavement bisa langsung diketahui.



Gambar 5 Flowchart Menghitung ACN Pesawat Tidak Terdapat di library COMFAA.

E. Memakai tabel dari Transport Canada

Transport Canada telah menghitung ACN seluruh jenis pesawat dan telah dipublikasikan, sehingga kita dapat langsung memakai nilai ACN tersebut untuk analisis..

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perhitungan untuk seluruh jenis pesawat pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku, hasilnya disajikan pada tabel 1 dan tabel 2 berikut :

Tabel 1. Nilai ACN Pesawat dengan perkerasan lentur

No	Jenis	Transport Canada				Aircraft Manufacturer				COMFAA			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
		15	10	6	3	15	10	6	3	15	10	6	3
1	A124	51	60	77	107	50	58	73	100	40.2	46.2	58.8	82.6
2	A306	54	61	74	92	53	60	74	92	48.8	55.1	67.4	84.9
3	A310	45	50	61	77	41	46	55	72	37.1	41.1	49.5	64.8
4	A319	34	36	40	46	39	40	44	50	34.2	35.4	38.9	44.6
5	A320	37	39	44	50	35	36	40	46	38.5	40	44.4	50.2
6	A322	41	42	47	53	41	42	47	53	41	42.9	47.3	53.1
7	A330	57	62	72	98	57	62	72	97	57	61.9	71.6	96.8
8	A332	62	67	78	106	63	68	80	108	59	63.7	74	100
9	A333	62	68	79	107	64	69	81	109	57.7	62.7	72.6	98.2
10	ATR72	11	12	14	15	11	12	14	15	9.7	10.7	12	14.2
11	B732	31	32	37	41	29	31	34	39	30	31.1	35.2	39.3
12	B733	35	37	41	45	32	33	37	41	33	34.8	38.8	42.8
13	B734	38	40	45	49	37	39	44	48	37	39.3	44	47.9
14	B735	33	35	39	43	32	33	37	41	31.9	33.3	37.4	41.4
15	B737	38	40	44	49	36	38	42	47	47.2	42.1	38.1	36.3
16	B738	44	46	51	56	43	45	50	55	42.8	45.3	50.3	55.2
17	B739	44	46	51	56	44	47	52	57	47.9	50.8	56	60.8
18	B744	59	66	82	105	57	64	79	101	53.2	59.3	72.6	94.2
19	B772	62	70	87	118	61	69	87	117	61.9	69.3	86.7	117
20	B773	62	70	87	118	61	69	86	117	63.8	71.3	89.3	120
21	C-130	29	34	37	43					26.7	30.2	32.3	37.6
22	CRJ900	21	21	24	27	21	21	24	27	21.5	22.8	25.6	27.7
23	MD83	42	45	50	53	42.4	46.1	50.1	53.6	42.4	45.9	50	53.1

Tabel 2. Nilai ACN Pesawat dengan perkerasan kaku

No.	Jenis	Transport Canada				Aircraft Manufacturer				COMFAA			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
		150	80	40	20	150	80	40	20	150	80	40	20
1	A124	35	48	73	100	36	49	74	101	34.8	47.3	71.1	98.1
2	A306	51	61	71	80	50	60	70	79	50	59.8	70.3	79.5
3	A310	47	56	66	75	33	39	46	54	37.5	44.8	53.1	60.7
4	A319	44	46	48	50	39	42	44	46	38.5	40.7	42.9	44.7
5	A320	42	45	48	50	45	47	50	52	43.5	46	48.4	50.4
6	A322	46	49	51	53	46	49	51	53	46.7	49.3	51.7	53.7
7	A330	48	56	66	78	48	56	66	77	52.8	61.2	72.6	84.7
8	A332	53	61	73	85	54	62	74	86	53.7	62.2	73.8	86.2
9	A333	54	62	74	86	55	63	75	88	54.9	63.5	75.3	87.7
10	ATR72	13	14	14	15	13	13	14	15	11.1	12	12.8	13.5
11	B732	35	37	39	41	34	36	38	39	34	35.9	37.8	39.3
12	B733	40	42	44	46	37	39	41	42	38.2	40.1	42	43.5
13	B734	43	45	47	49	42	44	46	48	42.3	44.5	46.6	48.3
14	B735	38	40	42	43	35	37	39	41	36.5	38.5	40.3	41.8
15	B737	43	46	48	50	41	43	45	47	41.6	43.9	46	47.7
16	B738	51	53	55	57	49	52	54	56	49.2	51.7	54.1	56.1
17	B739	51	53	55	57	51	53	56	58	55.6	58.2	60.6	62.6
18	B744	54	65	77	88	53	63	75	85	59.1	69.8	81.7	92.5
19	B772	64	84	107	129	64	82	105	127	63.8	82.8	106	128
20	B773	64	83	107	128	64	82	105	127	66.1	85.7	110	132
21	C-130	33	36	39	42					29.7	32.2	34.9	37.5
22	CRJ900	23	24	26	27	23	24	26	27	24.4	25.6	26.8	27.8
23	MD83	43	46	48	50	49.1	51.3	53.2	54.8	49.1	51.3	53.2	54.8

A. Perbandingan ACN pesawat dengan PCN eksisting

Sesuai dengan FAA Advisory Circular AC 150/5335-5B,[11] nilai PCN runway/taxiway/apron memiliki format baku yang terdiri dari 6 (enam) karakter. Sebagai contoh Apron Terminal T.2 memiliki PCN = 73 R/C/X/U maksud dari masing-masing karakter tersebut adalah:

R = Rigid, perkerasan kaku ; C = Subgrade low, nilai CBR tanah dasar 4% - 8% ; X = Tekanan roda medium (146 – 217 Psi) ; U = Using aircraft method, angka 73 ditentukan dengan menggunakan uji coba pesawat.

Selanjutnya nilai angka di ACN kita bandingkan dengan nilai angka di PCN Apron tersebut, apakah lebih besar atau lebih kecil. Setelah itu kode huruf karakter kedua yaitu nilai *subgrade* pada ACN versi Transport Canada / Aircraft Manufacturer /COMFAA (A, B, C atau D) kita bandingkan yang sesuai yaitu dengan nilai ‘C’ dari PCN apron tersebut, apakah lebih besar atau lebih kecil.

Diambil contoh PCN Apron = 73 R/C/X/U akan dibandingkan dengan ACN pesawat Boeing 777 – 300 ER, maka analisisnya adalah sebagai berikut :

A. Jenis perkerasan = kaku (rigid pavement)

B. Nilai ACN dengan subgrade C versi Transport Canada adalah = 107, versi Aircraft Manufacturer = 105, versi COMFAA = 106.3

ACN pesawat tersebut sudah pasti melebihi dari PCN Apron T.2, akan tetapi pesawat masih diperbolehkan menggunakan Apron T.2 karena frekuensi pesawat tersebut adalah 164 pergerakan per tahun, (lebih kecil dari 10.000 pergerakan per tahun) sesuai batasan dari FAA Advisory Circular AC 150/5335. [7]

Karakteristik operasional untuk masing-masing jenis pesawat yang beroperasi adalah sebagai berikut :

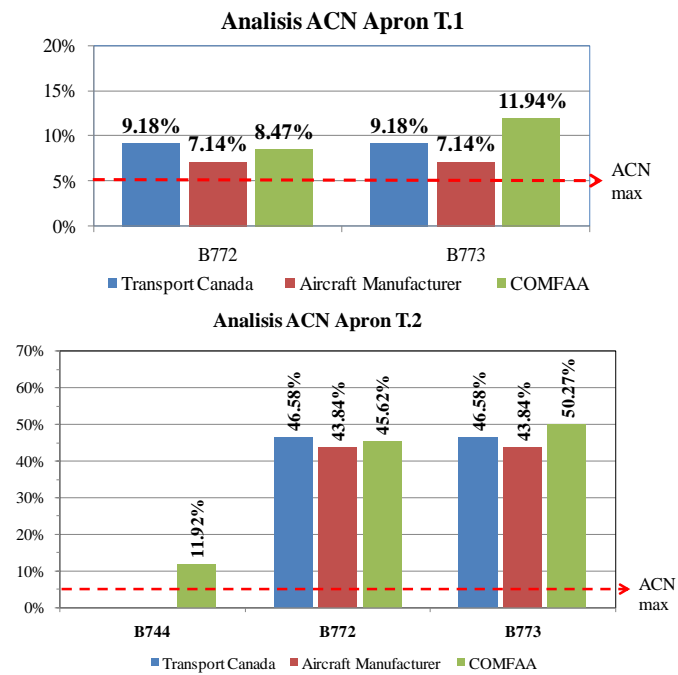
Tabel 4. Jumlah pergerakan pesawat [4]

No	Jenis pesawat	Pergerakan (per th)	No	Jenis pesawat	Pergerakan (per th)	No	Jenis pesawat	Pergerakan (per th)	No	Jenis pesawat	Pergerakan (per th)
1	A124	5	7	A330	98	13	B734	10,828	19	B772	164
2	A306	33	8	A332	228	14	B735	5,632	20	B773	45
3	A310	10	9	A333	1,355	15	B737	2,431	21	C-130	230
4	A319	739	10	ATR72	14,191	16	B738	11,750	22	CRJ900	5,981
5	A320	24,106	11	B732	4,765	17	B739	38,095	23	MD83	1,193
6	A322	3,078	12	B733	4,834	18	B744	257			

Dari tabel diatas diketahui bahwa pesawat dengan *Gross Weight* terbesar yaitu B744 hanya memiliki pergerakan 45 pesawat per tahun. Sedangkan pesawat yang memiliki pergerakan paling sering adalah B739 yaitu 38095 pesawat per tahun atau 104 pesawat per hari.

Makalah ini mengevaluasi kekuatan perkerasan sisi udara Bandar Udara Juanda dengan membandingkan nilai ACN pesawat-pesawat yang beroperasi dengan nilai PCN dari perkerasan *runway*, *taxiway* dan *apron*. Pada gambar.6 batas nilai PCN asli untuk apron T.1 dan T.2 ditambah 5% kelebihan sebagai nilai toleransi kelebihan ACN untuk perkerasan lentur ditunjukkan oleh garis merah putus-putus [8].

Hasil analisis menunjukkan pada apron T.1, terdapat dua pesawat dengan ACN melebihi batas (102.9 R/C/X/T), yaitu Boeing 777-200 dengan pergerakan 164/th, dan Boeing 777-300 dengan pergerakan 45/th.Sedangkan untuk apron T.2 terdapat tiga pesawat dengan ACN melebihi batas (76.65 R/C/X/U), berturut-turut yaitu Boeing 747-400 dengan pergerakan 257/th, Boeing 777-200 dengan pergerakan 164/th, dan Boeing 777-300 dengan pergerakan 45/th.

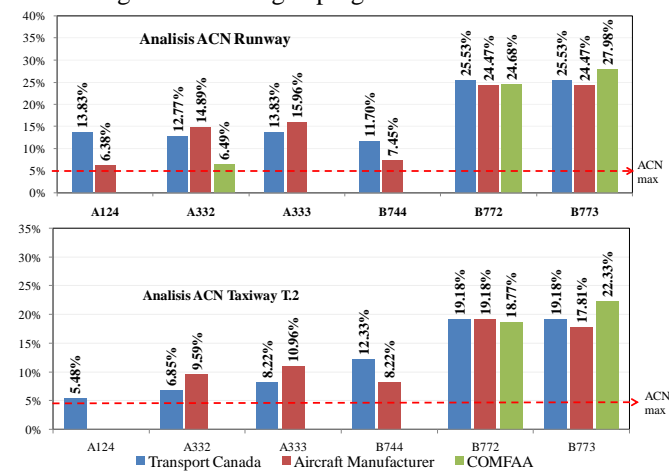


Gambar.6 Grafik ACN Perkerasan kaku T1 dan T2

Selanjutnya gambar.7 dibawah ini adalah hasil analisis prosentase nilai ACN yang melebihi batas untuk masing-masing pesawat yang beroperasi di Bandara Juanda untuk perkerasan lentur. Pada tabel tersebut nampak bahwa nilai ACN yang diperoleh dari masing-masing metode, yaitu Transport Canada (TC), Aircraft Manufacturer (AM) dan COMFAA adalah berbeda satu dengan lainnya.

Pada gambar.7 menyajikan perbandingan nilai ACN dengan PCN dari, taxiway Terminal.2 dan runway. Garis berwarna merah putus-putus adalah nilai gabungan dari nilai PCN asli untuk taxiway Terminal.1 ditambah 5% kelebihan sebagai nilai toleransi kelebihan ACN untuk perkerasan lentur [8]. Hal yang sama juga terdapat pada taxiway Terminal 2 dan runway.

Pada fasilitas landas hubung T 2 terdapat 6 (enam) jenis pesawat dengan ACN melebihi batas (76,65 F/D/X/T) berturut-turut yaitu Antonov A124 dengan pergerakan 5 pesawat/th, Airbus 330-200 dengan pergerakan 228/th, Airbus 330-300 dengan pergerakan 1355/th, Boeing 747-400 dengan pergerakan 257/th, Boeing 777-200 dengan pergerakan 164/th. dan Boeing 777-300 dengan pergerakan 45/th.



Gambar.7 Grafik ACN Perkerasan Lentur

B. Perhitungan contact stress

Pada evaluasi perbandingan sebelumnya telah dibandingkan nilai angka ACN dengan nilai angka PCN perkerasan sisi udara di Bandara Juanda. Pada bagian ini akan dibandingkan nilai tekanan roda pesawat dengan ACN > PCN yang beroperasi, dengan tekanan roda pada PCN perkerasan sisi udara yaitu yang diwakili oleh kode huruf ketiga (W,X,Y dan Z) dimana :

$$W > 218 \text{ Psi} ; X = 146 - 218 \text{ Psi}$$

$$Y = 74 - 145 \text{ Psi} ; Z = 0 - 73 \text{ Psi}$$

Pesawat dengan ACN > PCN mempunyai tekanan roda yang lebih tinggi dari yang diijinkan.

Sebagai contoh PCN Apron T2 = 73 R/C/X/U membatasi tekanan roda pesawat pada kode X yaitu 146-218 Psi, sedangkan pesawat Boeing 777-300ER berdasarkan catatan operator ground handling PT.JAS Engineering, Boeing 777-300ER memiliki tekanan roda 220 Psi dimana nilai ini lebih besar 0, 92% dari yang diijinkan.

Menurut WJ vdM Steyn, 2004 pada Jurnal Ilmiah “Effect of moving dynamic tyre loads on tyre-pavement contact stresses” [9] dapat dicari/dihitung nilai Contact Stress pada 1(satu) buah Roda dengan rumus :

$$\text{Contact Stress(kPa)}=K1+(K2 \times \text{Tire Pressure})+(K3 \times \text{Tire Load})$$

Dimana :

$$K1=573.562 ; K2=0.714 ; K3=9.504$$

Sebagai contoh diambil pesawat Boeing 777-300ER.

$$\text{Tekanan 1 roda} = 220 \text{ Psi} = 6.89 \times 220 = 1515.8 \text{ kPa}$$

$$\text{MTOW}=766.000 \text{ Lbs}$$

$$\text{Jumlah roda pada landing gear} = 12$$

$$\text{Beban pesawat pada landing gear} = 94\%$$

$$\text{Beban 1 roda}=(0.00445 \times 766000 \times 0.94)/12 = 267.01 \text{ kN}$$

$$\text{Contact Stress} = 573.562+(0.714 \times 1515.8)+(9.504 \times 267.01)$$

$$\text{Contact Stress} = 4193.55 \text{ kPa}$$

Hasil perhitungan seluruhnya disajikan pada tabel 7 :

Tabel 7. Nilai Contact Stress pesawat yang melebihi PCN

No	Jenis	Tire Pressure			Max Pressure 15 bar (218 psi)	MTOW		Tire Load (kN)	Contact Stress (kPa)
		(psi)	(kPa)	(bar)		lbs	kg		
1	A124	150		10.35					
5	A320	215		14.835					
8	A332	215		14.835					
9	A333	215		14.835					
17	B739	220	1515.8	15.18	0.92%	187,700	85,130	65.43	2277.68
18	B744	220	1515.8	15.18	0.92%	910,000	412,770	317.21	4670.61
19	B772	220	1515.8	15.18	0.92%	766,000	347,450	267.01	4193.55
20	B773	220	1515.8	15.18	0.92%	775,000	351,530	270.15	4223.37
22	CRJ900	210		14.49					

Pada kondisi saat ini landas pacu bandar udara Juanda telah mengalami beberapa jenis kerusakan yaitu *cracking* (keretakan), *rutting* (alur), *patching* (tambalan), *disintegration* (pengelupasan), dan *depression* (amblas) [3]. Pada tabel 7 diatas jenis pesawat dengan nilai *contact stress* terbesar yaitu 4670.61 kPa ikut memberikan kontribusi terjadinya kerusakan permukaan landas pacu.

C. Skid Resistance Metode Sand Patch

Skid Resistance (kekesatan) tergantung pada *macrotexture* dan *microtexture* permukaan perkerasan. Teknik pengukuran-

nya dapat dilakukan dengan *The locked wheel tester* (ASTM E724), *The spin up tester* dan *Surface texture measurement* (ASTM E965) [4].

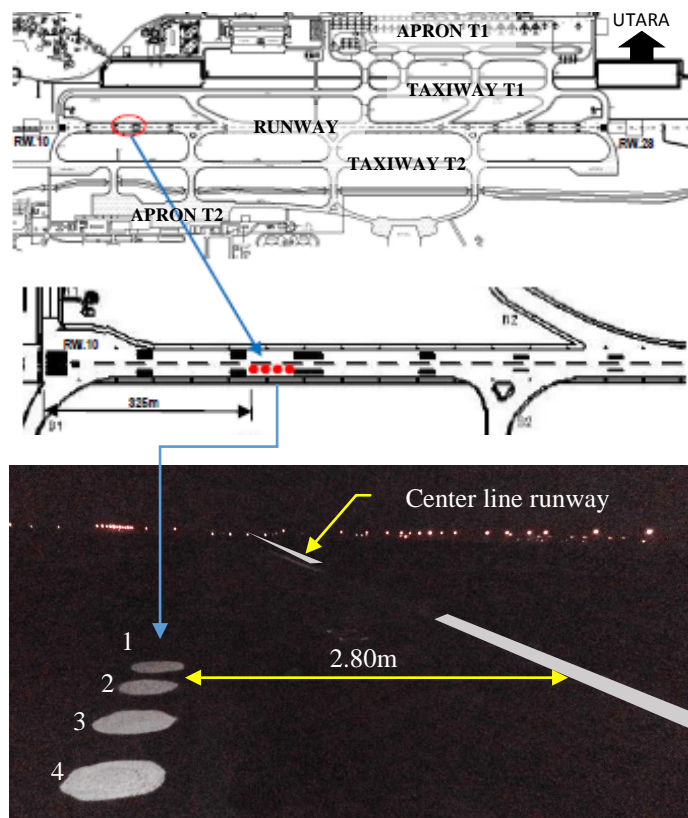
Pada makalah ini hanya dibahas pengukuran *skid resistance* dengan *Surface texture measurement*.

Pengukuran *skid resistance* dilakukan dengan menggunakan *sand patch test* (ASTM E 965) [4] yaitu menebarkan pasir yang volumenya sudah diketahui pada suatu area secara melingkar. Apabila kedalaman < 1,5 mm maka permukaan licin, bila kedalaman > 1,5 mm permukaan cukup kasar [10].

Pada landas pacu Bandar Udara Juanda, setelah dilakukan Sand Patch Test dengan volume pasir setiap titik = 100cm³, diameter pasir rata-rata 57cm, hasil perhitungan menunjukkan kondisi permukaan perkerasan adalah licin, karena nilai kedalamannya < 1,5 mm.

Rubber deposit yang tertinggal di landas pacu setiap kali satu pesawat mendarat rata-rata 700g [11]. Maka dengan frekuensi penerbangan di Bandar udara juanda 400 pergerakan/hari [12], maka rubber deposit yang ditinggalkan sebanyak 400 x 700gr = 280.000gr = 280 kg/hari.

Lokasi uji kekesatan (*skid resistance*) dapat dilihat pada gambar.8 dibawah ini.



Gambar 8. Lokasi Sand Patch Test ($\pm 2.8m$ dari *center line runway*)

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Hasil perbandingan ACN pesawat dengan PCN perkerasan fasilitas sisi udara di Bandar Udara Juanda menunjukkan bahwa ada beberapa pesawat memiliki nilai ACN>PCN. Pesawat-pesawat tersebut adalah B744, B772 dan B773 untuk perkerasan kaku dengan kelebihan dari 7% sampai sekitar 50% dari nilai PCN. Untuk perkerasan lentur, kelebihan nilai

ACN hanya terjadi pada perkerasan *taxiway T2* dan *runway*. Pesawat-pesawat tersebut adalah A332, A333, B744, B772 dan B773. Besar kelebihanannya adalah bervariasi dari 6% sampai 25%.

Karakteristik pesawat dengan nilai ACN>PCN memiliki frekuensi pergerakan 45/tahun s/d 257 pergerakan per tahun. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pekerasan sisi udara masih mampu dan layak melayani pesawat berbadan lebar tersebut, mengingat frekuensi pergerakan pesawat masih dibawah 10.000 per tahun. Karena lebih kecil dari 10.000 pergerakan per tahun, maka tidak ada analisis *overload*.

Batasan nilai PCN juga harus memperhatikan tekanan roda yang diijinkan. Tekanan roda mempengaruhi besarnya contact stress. Pada kecepatan tinggi menimbulkan friksi besar antara roda dan permukaan perkerasan. Kondisi ini mengakibatkan timbulnya rubber deposit dan permukaan perkerasan yang semakin halus. Untuk kekesatan permukaan landas pacu, *Sand Patch test* menunjukkan hasil < 1,5mm yang berarti kondisi makrotekstur perkerasan landas pacu dalam keadaan licin.

B. Saran

Untuk menjamin keselamatan penerbangan, tingkat pelayanan (*level of service*) landas pacu suatu bandar udara harus 100%. Kerusakan pada perkerasan landas pacu bandar udara juanda harus segera dicarikan solusinya berupa studi secara menyeluruh dan komprehensif.

Pembersihan *rubber deposit* yang tertinggal di landas pacu bandara udara juanda harus dilakukan sesering mungkin (minimal seminggu sekali) mengingat frekuensi penerbangan di bandara udara juanda adalah 400 pesawat/hari [4].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Antara News (Jakarta), 2014, 5 April
- [2] KP.29/VI/2014 Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. "Manual Standar Teknis Dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil – Bagian 139"
- [3] Angkasa Pura I. 2013. "Data Fasilitas tahun 2013", Surabaya : Angkasa Pura I
- [4] Angkasa Pura I. 2013. "Data Simtapor tahun 2013", Surabaya : Angkasa Pura I
- [5] Transport Canada, 2005. *Aerodromes Standards And Recommended Practices*, Chapter 2.4. *Strength Of Pavements*
- [6] Douglas D. Gransberg, 2008 *Impact Of Airport Rubber Removal Techniques On Runways*, Washington D.C. *Transportation Research Board*
- [7] Us Department Of Transportation 2011. "Standardized Method Of Reporting Airport Pavement Strength – PCN " FAA Advisory Circular. Ac No.150/5335-5b
- [8] Canadian Department Of Transportation 2011. "ACN – PCN Method Of Reporting"
- [9] WJ Vdm Steyn, 2004 Pada Jurnal Ilmiah "Effect Of Moving Dynamic Tyre Loads On Tyre-Pavement Contact Stresses"
- [10] ASTM E965, 2006 "Standard Test Method For Measuring Pavement Macrottexture Depth Using A Volumetric Technique"
- [11] Boeing Commercial Airplanes, 2014. "Airplane Characteristics For Airport Planning"
- [12] Prof. Dr. R.Z. Leirissa & Kol (Purn) Dr.Saleh A. Djamhari, 2006. *Rajawali Laut, 50 Tahun Penerbangan Angkatan Laut*. Panitia Penyusun Buku Sejarah Penerbangan AL Bekerja Sama Dengan Red & White Publishing.