

**ANALISIS KEPADATAN SUBGRADE  
APRON HANGGAR-D BALAI KALIBRASI FASILITAS PENERBANGAN  
CURUG**

**Sukamto, AMa, SE, MSi<sup>(1)</sup>, Kusumastuti Rahmawati, ST<sup>(2)</sup>**

Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia

**Abstrak** Apron membutuhkan subgrade dengan kepadatan tertentu untuk bisa memenuhi persyaratan ACN pesawat. Subgrade yang berasal dari tanah urugan memerlukan perhatian khusus karena berpotensi mengalami penurunan (konsolidasi) apabila tidak mendapatkan proses pemadatan yang memadai. Tanah subgrade urugan perlu diuji kepadatan terlebih dahulu sebelum menjalani proses konstruksi berikutnya. Uji kepadatan bisa dilakukan dengan alat *Dynamic Cone Penetrometer ((DCP)*. Nilai CBR didapatkan dengan menghubungkan jumlah tumbukan alat dengan kedalaman penetrasi konusnya. Uji kepadatan tanah subgrade dilakukan di area pengembangan apron Hanggar-D Balai Kalibrasi Fasilitas Penerbangan Curug.

Kata Kunci: *Dynamic Cone Penetrometer (DCP), California Bearing Ratio (CBR), subgrade, kepadatan.*

**ANALISIS KEPADATAN SUBGRADE  
APRON HANGGAR-D BALAI KALIBRASI FASILITAS PENERBANGAN  
CURUG**

**Sukamto, AMa, SE, MSi<sup>(1)</sup>, Kusumastuti Rahmawati, ST<sup>(2)</sup>**

Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia

**Abstrack**

Apron needs a subgrade with a certain density in order to meet the requirements of aircraft ACN. Subgrade from the ground requires special attention because it is potential to cause a decrease (consolidation) if it does not get adequate compaction process. Subgrade soil density needs to be tested first before undergoing subsequent construction process. Density test can be done by means of the Dynamic Cone Penetrometer ((DCP). Value of CBR is obtained by correlating the number of tool collisions with the depth of conus penetration. Subgrade soil density test is done in the apron construction area of hangar-D Curug Calibration Center for Flight Facilities.

**Keywords:** Dynamic Cone Penetrometer (DCP), California Bearing Ratio (CBR), subgrade, density

## 1. Pendahuluan

Balai Kalibrasi Fasilitas Penerbangan (BKFP) Curug Tangerang adalah lembaga yang berdiri dengan Keputusan Menteri yang berfungsi sebagai penyedia layanan tunggal untuk memeriksa alat bantu dan navigasi udara. Lembaga yang kantornya berada satu kompleks dengan Bandara Budiarto dan Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia (STPI-Curug) ini bertujuan untuk menjamin keselamatan penerbangan baik di wilayah udara Indonesia maupun regional. BKFP, untuk mencapai tujuannya, secara ekstensif meningkatkan kualitas tim inspeksi penerbangan dan menambah peralatan kalibrasi baru berikut segala prasarana yang dibutuhkan. Salah satu cara mengembangkan prasarana di sisi udara adalah dengan memperluas apron kalibrasi sehingga mampu menampung pesawat lebih banyak. Tahun 2014 telah direncanakan perluasan apron hangar D Balai Kalibrasi. Lahan yang

akan dikembangkan menjadi apron berupa tanah urugan.

Besarnya kapasitas dukung tanah subgrade sangat dipengaruhi oleh kepadatannya. Analisis kepadatan subgrade yang seksama diperlukan agar beban apron tidak mengakibatkan timbulnya tekanan yang berlebihan ke tanah di bawahnya. Kepadatan tanah yang terlalu kecil akan memungkinkan terjadinya kegagalan struktur. Tekanan yang berlebihan juga dapat mengakibatkan penurunan yang besar bahkan dapat mengakibatkan keruntuhan perkerasan. Kepadatan tanah bisa dinyatakan dalam skala California Bearing Ratio.

BKFP mengoperasikan beberapa jenis pesawat dalam mendukung layanan kalibrasi dan inspeksi penerbangan, seperti Learjet 31a, Beech Hawker King Air B200GT, Socata Eads TBM 700, Beechcraft King Air 200GT, dan Hawker 900XP. Berat pesawat terbesar, Hawker 900XP, yaitu 28,120 lb atau setara 12,5755 kg (123,37 KN), dijadikan acuan untuk

menyelidiki berapa nilai kepadatan subgrade apron yang dibutuhkan dalam skala California Bearing Ratio (CBR) dengan mengacu kepada metode ACN-PCN.

Aircraft Classification Number (ACN) adalah nomor yang menjelaskan efek relatif pesawat terhadap perkerasan untuk standar kategori subgrade tertentu. Pavement Classification Number (PCN) adalah nomor yang menjelaskan kekuatan runway, taxiway, dan apron. Metode ACN-PCN adalah satu-satunya metode yang diterima dan diberlakukan oleh *International Civil Aviation Organization (ICAO)* untuk menyatakan kekuatan perkerasan yang dimiliki bandara dan kekuatan perkerasan yang dibutuhkan pesawat. Metode ACN-PCN hanya berlaku untuk pesawat yang beratnya melebihi 5,700 kg (12,566 lb).

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki kepadatan tanah subgrade apron baru, apakah memenuhi syarat untuk apron

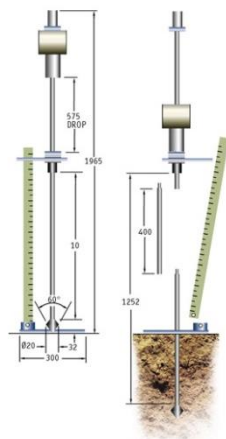
mengacu kepada ACN pesawat yang dilayani.

## 2. Metodologi

Hawker 900XP memiliki konfigurasi *main landing gear* berupa *dual wheel*. Konfigurasi yang sama juga dimiliki oleh Dassault Falcon 20, pesawat dengan bobot maksimum 13.0479 kg (128 KN). Data ACN untuk pesawat Hawker 900XP diadopsi dari data ACN pesawat Dassault Falcon 20 dengan pertimbangan bobot pesawat mendekati dan konfigurasi rodanya sama. Nilai ACN untuk pesawat Dassault Falcon 20 maksimum 9 dan minimum 5 untuk *Flexible Pavement Subgrade* kelas CBR Low. Nilai CBR untuk kelas low adalah 6%.

Uji kepadatan tanah dilakukan di area pengembangan apron menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*. *Dynamic Cone Penetrometer* adalah suatu cara pengujian tanah menggunakan seperangkat alat sepanjang 1965 mm berupa 2 baja batangan dengan ujung baja bagian bawah berbentuk kerucut bersudut 60° dan

berdiameter 20 mm. Sebuah beban berupa silinder baja pejal dengan berat standar 8 kg dilepaskan sebanyak 5 kali dari ketinggian 575 mm dan dicatat kedalaman penetrasi konus. Alat tersebut tersusun sedemikian rupa sehingga baja batangan bagian bawah bisa masuk ke tanah dan bisa diukur kedalaman penetrasi konus dengan skala yang terpasang di sampingnya.



**Gambar 1. Alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP)**

Data penetrasi dan jumlah tumbukan dimasukkan ke dalam formula khusus untuk tes DCP sebagai berikut:

$$\log CBR = 1.352 - 1.125 \log \text{Pen/Blows}$$

$$1.125 \log \text{Pen/Blows} = 1.352 - \log CBR$$

$$\log \text{Pen/Blows} = (1.352 - \log CBR) / 1.125$$

$$\text{Pen/Blows} = 10^{\left(\frac{1.352 - \log CBR}{1.125}\right)}$$

$$\text{Pen} = \text{Blows} \times 10^{\left(\frac{1.352 - \log CBR}{1.125}\right)}$$

Di mana,

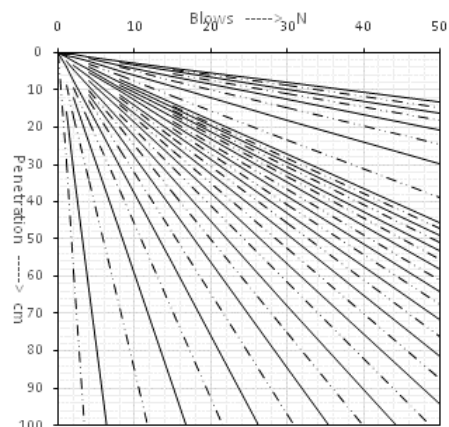
Pen = Kedalaman penetrasi (cm)

CBR = Nilai *California Bearing Ration*

(dalam %)

Blows = Jumlah Tumbukan Beban

Formula di atas dihitung dengan berbagai macam nilai CBR dan jumlah tumbukan dengan program *Microsoft Excel* sehingga didapatkan *template* grafik sebagai berikut:



**Gambar 2. Grafik Dynamic Cone Penetrometer**

Berdasarkan percobaan didapatkan tabel nilai kedalaman penetrasi dan jumlah tumbukan untuk masing-masing titik. Pada masing-masing titik percobaan, nilai kedalaman penetrasi dan jumlah tumbukan diplot pada satu lembar grafik sehingga didapatkan titik-titik plotting pada grafik CBR-DCP. Beberapa titik yang relatif linier dihubungkan dengan garis regresi. Dalam satu percobaan bisa didapatkan lebih dari dua garis regresi. Nilai CBR didapatkan dengan mencari garis yang sejajar dengan garis regresi tersebut.

### 3. Hasil dan Pembahasan

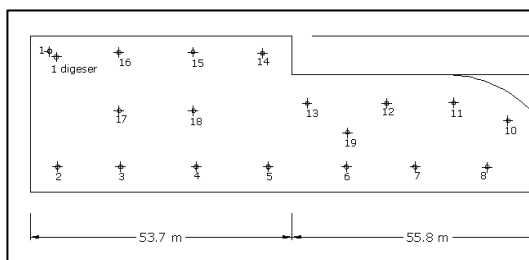
Wilayah rencana perluasan apron luasnya sekitar 2930 m<sup>2</sup>. Uji DCP dilakukan di 20 titik yang tersebar merata sehingga dianggap cukup mewakili seluruh lahan yang dites. Posisi apron eksisting beserta sketsa area perluasan apron dan titik-titik uji DCP digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 3. Posisi Balai Kalibrasi di Wilayah Bandara Budiarto**



**Gambar 4. Posisi Rencana Perluasan Apron Hanggar-D BKFP**



**Gambar 5. Sketsa Area Rencana Perluasan Apron dan Lokasi 20 Titik DCP**

Titik 1 memberikan hasil CBR yang cukup tinggi pada kedalaman 13-35 cm yaitu sebesar 34%. Pada umumnya tanah akan memberikan nilai CBR di bawah angka 20% untuk kedalaman yang sama. Hal ini menimbulkan kecurigaan: mata konus DCP beradu dengan bongkahan keras semacam batu atau pecahan beton. Tes pada titik 1 (pertama) digeser sedikit (lihat titik '1 digeser') dengan harapan mendapatkan hasil CBR yang wajar, namun ternyata hasil DCP justru memberikan nilai CBR lebih tinggi yaitu sebesar 43% untuk kedalaman 13-22 cm. Titik-titik berikutnya memberikan hasil nilai CBR yang wajar.

Pengujian DCP di lapangan memberikan data uji sebagai berikut:

**Tabel 1. Data Uji Dynamic Cone Penetrometer (DCP) Percobaan 1-19**

Percobaan 1		Perc. 1 Digeser	
Blows (N)	Pen (cm)	Blows (N)	Pen (cm)
0	0	0	0
5	11.5	5	9.5
10	17	10	14.8
15	19.8	15	17.8
20	23.7	20	20.3
25	27.6	25	23.9
30	32.3	30	27.7
35	38	35	31.2
40	47.1	40	36.5
45	59	45	43.7
50	78.7	50	51.6

Percobaan 2		Percobaan 3	
Blows (N)	Pen (cm)	Blows (N)	Pen (cm)
0	0	0	0
5	8.2	5	9.2
10	14	10	16.2

15	20.9	15	25.2	5	9.9	5	11.5
20	29.2	20	36.5	10	20.4	10	24
25	39.9	25	48.8	15	34.5	15	35.5
30	50	30	64.4	20	47.5	20	49.6
35	61.6	35	81.8	25	62.5	25	62.8
40	75			30	78.9	30	80.9
45	83			35	97.5	35	96.5
50	94.7						

Percobaan 4		Percobaan 5	
Blows (N)	Pen (cm)	Blows (N)	Pen (cm)
0	0	0	0
5	10.8	5	7.8
10	16.1	10	16.1
15	24.7	15	26.2
20	39	20	37.8
25	54.7	25	49.7
30	75	30	63.1
35	94.4	35	77.9
		40	93.8
Percobaan 6		Percobaan 7	
Blows (N)	Pen (cm)	Blows (N)	Pen (cm)
0	0	0	0

Percobaan 8		Percobaan 9	
Blows (N)	Pen (cm)	Blows (N)	Pen (cm)
0	0	0	0
5	10.1	5	7.5
10	22.5	10	16.2
15	37	15	27.6
20	54.1	20	39
25	72.5	25	52.3
30	91.4	30	67
		35	82.5
		40	99.7

Percobaan 10		Percobaan 11	
Blows (N)	Pen (cm)	Blows (N)	Pen (cm)
0	0	0	0
5	13.4	5	7.9



Analisis Kepadatan Subgrade Apron Hanggar-D... (Sukamto, AMa, SE, MSi<sup>(1)</sup>)

10	22.2	10	15.3
15	36	15	25.3
20	50.1	20	37
25	63.7	25	51.5
30	85.2	30	68.8
		35	90.1

5	8	5	9
10	17.5	10	17.2
15	29.4	15	27.4
20	42.5	20	39.3
25	57.3	25	52.2
30	73.4	30	68.8
35	93.2	35	86.3

Percobaan 12		Percobaan 13	
Blows (N)	Pen (cm)	Blows (N)	Pen (cm)
0	0	0	0
5	5	5	15
10	11.5	10	32
15	20	15	47
20	28	20	64.5
25	37	25	88
30	48		
35	58.5		
40	70.5		
45	80		
50	97		

Percobaan 16		Percobaan 17	
Blows (N)	Pen (cm)	Blows (N)	Pen (cm)
0	0	0	0
5	10	5	6
10	14.5	10	9
15	18.5	15	13
20	23.5	20	18.5
25	28	25	25
30	30.5	30	34
35	35	35	45.2
40	37	40	57
45	42	45	70.4
50	50	50	84.4

Percobaan 14		Percobaan 15	
Blows (N)	Pen (cm)	Blows (N)	Pen (cm)
0	0	0	0

Percobaan 18		Percobaan 19	
Blows (N)	Pen (cm)	Blows (N)	Pen (cm)

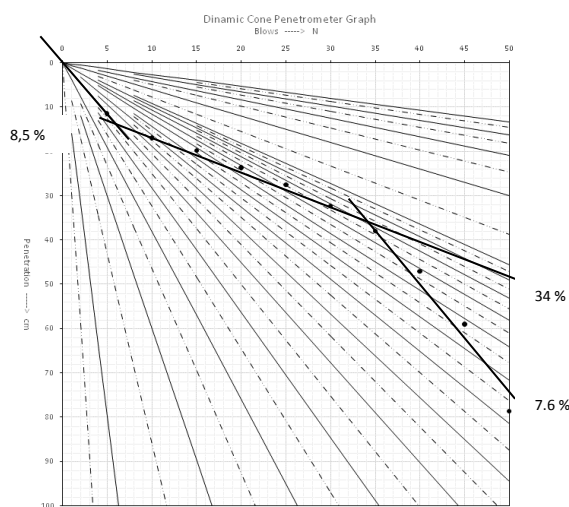
0	0	0	0
5	9.3	5	10
10	17.8	10	19.8
15	27	15	31
20	37.5	20	42
25	50.6	25	55
30	65.4	30	69.4
35	83	35	85.5

Gambar 6. Contoh Ploting Data Uji Titik 1

Tabel 2. Nilai CBR Hasil Uji DCP

No. Titik	Kedalaman (cm)	Nilai CBR (%)
1	0-13	8.5
	13-35	34
	35-100	7.6
1 geser	0-13	11
	13-22	43
	22-36	27
	36-100	14.6
2	0-8	13
	8-23	17.3
3	0-32	12
	32-41	7.2
	41-100	5.2
4	0-33	12
	33-100	5.1
5	0-32	12
	32-100	7
6	0-20	19
	20-62	7
	62-100	5.5
7	0-54	8.3
	54-100	5.6
8	0-28	9
	28-100	5.3
9	0-16	13
	16-52	8.5
	52-100	6
	0-61	8

Data uji tes DCP dari 20 titik uji masing-masing diplot ke dalam grafik DCP-BCR (seperti diperlihatkan pada contoh grafik berikut) dan dirangkum hasilnya ke dalam ttabel 2.



10	61-100	4.5
11	0-29	13
	29-100	5.5
12	0-12	19
	12-37	12.2
	37-100	9.2
13	0-64	6
	64-100	4
14	0-21	12
	21-72	6.7
	72-100	4.6
15	0-22	12
	22-52	8.2
	52-100	5.6
16	0-10	10
	10-30	26
	30-40	36
	40-100	16.6
17	0-4	17.5
	4-21	28
	21-100	8.6
18	0-34	11.5
	34-100	6.7
19	0-42	10
	42-100	6.7

900XP adalah 6%. Dengan demikian bisa diambil kesimpulan bahwa kepadatan tanah urugan telah memenuhi syarat untuk subgrade apron.

Berdasarkan plotting hasil uji DCP terlihat pada tabel di atas bahwa permukaan keduapuluh titik DCP memberikan CBR lebih atau sama dengan 6%. Nilai CBR subgrade apron yang dibutuhkan untuk memenuhi ACN pesawat Hawker

### **Daftar Pustaka**

Anonim (1993). *User's Guide to the DCP*. Minnesota: Mn/Department of Transportation-Office of Material Research Engineering.

Setditjen Hubud, Bagian Hukum (2006). *Terjemahan MOS (Manual of Standard)*. Jakarta: DGAC.

Canada, Transport (2001). *Aircraft Classification Numbers (ACN's)*.

Ontario: Technical Evaluation Engineering (AARME) Aerodrome Service Branch.