

PENAMBAHAN SUDUT 75° SISTEM PENGUKURAN STANDAR KILAP PADA PERMUKAAN DATAR

Boedi Soesatyo

Peneliti Utama bidang Teknik Interdisiplin
Laboratorium Metrologi Radiometri Fotometri Puslit KIM – LIPI
Kompleks PUSPIPTEK Serpong, Tangerang 15314
bsoesatyo@kim.lipi.go.id

Diajukan: 26 Juni 2009, Diterima: 21 Agustus 2009

Abstrak

Telah dilakukan penambahan sudut 75° pada sistem pengukuran standar kilap dari yang sudah ada yaitu 20° dan 60°. Setiap standar kilap mempunyai nilai kekilapan sesuai dengan sudut cahaya yang datang pada alat ukur dan dapat ditentukan kembali nilainya menggunakan sistem pengukuran yang terdiri dari sistem pengatur sudut untuk sumber cahaya tipe A dan fotometer fungsi $V(\lambda)$ sebagai sensor. Nilai kekilapan tergantung dari nilai indeks bias (n), faktor k yang sesuai dengan sudut dan kerataan permukaan dari bahan gelas yang digunakan. Berhubung dari referensi/standar faktor k untuk sudut 75° belum ditentukan maka dengan interpolasi antara faktor k sudut 60° dan sudut 85° dapat ditentukan. Dari hasil percobaan dengan menggunakan bahan gelas $n = 1,51680$ sebagai standar, kemudian untuk mengukur gelas $n = 1,53996$ didapat penyimpangan lebih kecil dari 1 satuan gloss dan dari hasil percobaan kalibrasi terhadap alat, bahwa alat tersebut mempunyai kesalahan pembacaan sebesar kurang lebih 1.5 satuan gloss.

Kata kunci: sistem pengukuran, standar kilap, permukaan datar

Abstract

Addition Of 75° Angular Measurement System Standard Flat Surface on Gloss

Measurement system of glossy standard has been conducted extension angle 75° beside 20° and 60°. Each glossy standard has glossy value comply to light angle from measurement device and the value can redefine by using measurement system consist of angle control system for type A light source and $V(\lambda)$ function fotometer as sensor. Glossy value is depend on refractive index value (n), k factor which comply to angle and the surface roughness of glass material which has been used. Because of reference/ k factor standard of angle 75° is not defined yet, there for, interpolation between k factor of angle 60° and angle 85° can be defined. Based on experiment, using glass material $n = 1,51680$ as standard, then to measure glass $n = 1,53996$, it is shown that the deviation less than 1 unit gloss and based on calibration experiment towards device, it is shown that the device has paralaks error approximately 1,5 unit gloss.

Keywords: measurement system, glossy standard, base plate

1. PENDAHULUAN

Glossy Meter adalah alat ukur kekilapan yang digunakan pada industri cat, otomotif, piano dan sepatu, dengan sistem pengukuran pada sudut 20° dan 60°. Selain industri tersebut di atas ada industri lain yang menggunakan sistem pengukuran pada sudut 75° yaitu industri kertas dan karton dengan Standar SNI 2236:2008^[1]. Alat ukur kekilapan dapat dikalibrasi dengan standar kilap, yang mempunyai nilai kekilapan sesuai dengan sudut pada alat ukur. Nilai kekilapan dari standar ditentukan kembali nilainya menggunakan sistem pengukuran yang terdiri dari sumber cahaya dan fotometer fungsi

efisiensi cahaya spektral penglihatan siang hari $V(\lambda)$ dengan keluaran arus digunakan sebagai sensor. Pada sistem pengukuran yang ada di British Standard (BS 6161)^[2] dan International Standard ISO 7668^[3] yang ada adalah 20°, 60° dan 85° dengan nilai k yang sudah ditentukan. Nilai k untuk sistem pengukuran 75° ditentukan dahulu menggunakan interpolasi antara 60° dan 85° untuk indeks bias $n = 1.400$ sampai dengan $n = 1.800$ (dengan jumlah n sebesar 42). Sumber cahaya yang digunakan adalah lampu halogen adalah dengan suhu warna 3100 K yang dapat dirubah menjadi 2856 K (sumber cahaya tipe A) menggunakan kolorimeter atau blue red photometer dengan menurunkan arus atau

tegangannya. Standar kilap adalah merupakan gelas datar dimana bidang bawah, samping kiri dan kanan (melingkari bidang tegak) dilapisi cat hitam pudar dan bidang atas merupakan permukaan kilap yang mempunyai kerataan minimum 2 λ per satu cm^[2,3], sedangkan nilai kekilapannya tergantung dari nilai indeks bias (n) dari bahan gelas yang digunakan. Untuk nilai n= 1,567, nilai kekilapannya sama dengan 100 satuan Gloos^[2,3], nilai n lebih kecil dari pada 1,567 nilai kekilapannya lebih kecil dari 100 dan sebaliknya. Sistem pengukuran standar kilap pada sudut 20° dan 60° dengan penambahan sudut 75° untuk menunjang industri kertas, yaitu sudut antara sumber cahaya terhadap normal dan fotometer fungsi V(λ) terhadap normal. Penambahan sudut 75° pada sistem pengukuran standar kilap, lampu halogen sebagai sumber cahaya tipe A dikolimasikan dan diarahkan ke gelas datar (sebagai standar kilap) sesuai dengan sudut pengukuran 75° kemudian dibiaskan dan diteruskan ke fotometer yang ditempatkan juga pada sudut pengukuran 75°. Keluaran fotometer berupa arus fotometer mempunyai attenuator, sehingga keluarannya dapat diatur sesuai dengan nilai kekilapan pada gelas berdasarkan hasil perhitungan nilai indeks bias gelas paralel yang digunakan sebagai standar. Kemudian gelas paralel (sebagai standar) diganti dengan gelas paralel yang lain (yang ditentukan nilai kekilapannya) pada kedudukan yang sama. Dari hasil percobaan didapat nilai kekilapan dengan penyimpangan lebih kecil 1 satuan Gloss jika dibandingkan dari nilai kekilapan hasil perhitungan. Kemudian dilakukan percobaan kalibrasi terhadap glossy meter menggunakan gelas paralel (sebagai standar kilap), didapat koreksi sebesar 1,5 satuan Gloss.

2. TEORI DASAR

Nilai-nilai tristimulus dari warna sumber yang bercahaya dapat ditentukan dengan persamaan^[4,5,6]

$$\begin{aligned} X &= k \sum_{\lambda} x_{\lambda} H_{\lambda} d\lambda \\ Y &= k \sum_{\lambda} y_{\lambda} H_{\lambda} d\lambda \\ Z &= k \sum_{\lambda} z_{\lambda} H_{\lambda} d\lambda \end{aligned} \quad (1)$$

dengan X, Y, Z = nilai-nilai tristimulus

k = faktor normalisasi

H_λdλ = energi spektral

x_λ, y_λ, z_λ = fungsi-fungsi penyesuaian warna pengamat CIE 1931.

Faktor k ditetapkan agar nilai Y memiliki nilai 100,0 sehingga diberikan dengan

$$k = \frac{100}{\sum_{\lambda} H_{\lambda} y_{\lambda} d\lambda} \quad (2)$$

Koordinat kromatisitas warna x, y ditentukan dari nilai tristimulus X, Y dan Z

$$\begin{aligned} x &= \frac{X}{X + Y + Z} \\ y &= \frac{Y}{X + Y + Z} \end{aligned} \quad (3)$$

Standar kilap adalah merupakan gelas datar dimana bidang bawah, samping kiri dan kanan (melingkari bidang tegak) dilapisi cat hitam pudar dan bidang atas merupakan permukaan kilap yang mempunyai kerataan minimum 2λ per satu centimeter^[2,3], sedangkan nilai kekilapannya tergantung dari nilai indeks bias (n) dari bahan gelas yang digunakan. Untuk nilai n = 1,567, nilai kekilapannya sama dengan 100 satuan Gloos^[2,3], nilai n lebih kecil dari pada 1,567 nilai kekilapannya lebih kecil dari 100 dan sebaliknya.

Kilap spekulat dapat ditentukan dengan persamaan^[2,3]:

$$\text{Kilap spekulat} = 100 - k (1,567 - n) \quad (4)$$

dengan k = 270 untuk sudut 20°

k = 260 untuk sudut 45°

k = 160 untuk sudut 60°

k = 14 untuk sudut 85°

n = indeks bias

3. PENENTUAN NILAI k UNTUK SUDUT 75°

Seperti diketahui bahwa sistem pengukuran *glossy meter* yang paling banyak digunakan adalah 20° dan 60°, untuk menunjang industri kertas dalam kalibrasi glossy meter maka perlu penambahan sudut 75° pada sistem yang ada. Pada sistem pengukuran yang ada di British Standard (BS 6161)^[2] dan International Standard ISO 7668^[3] yang ada adalah 20°, 45°, 60° dan 85° dengan nilai k yang sudah ditentukan. Nilai k untuk sistem pengukuran 75° perlu ditentukan dahulu menggunakan interpolasi nilai k dari sudut 60° dan 85° untuk indeks bias n= 1.400 sampai dengan n= 1.800 (dengan jumlah n sebesar 42). Nilai k ditentukan dari persamaan (4):

$$\text{Kilap spekulat (G)} = 100 - k (1,567 - n)$$

Penambahan Sudut 75° Sistem Pengukuran Standar Kilap (Boedi Soesatyo)

$$G = 100 - k (1.567 - n)$$

$$k (1.567 - n) = 100 - G$$

$$k = (100 - G) / (1.567 - n)$$

Nilai G adalah nilai gloss dari standar sesuai dengan sudut 60° dan 85^[2,3], untuk k pada sudut 60° dengan n = 1.40 adalah k = (100 - G)/(1.567 - n)

$$= (100 - 71.9) / (1.567 - 1.4)$$

$$= 28.1 / 0.167 = 168.2635$$

Dengan cara yang sama untuk n yang lain pada sudut 60° dan 85° jika dibuat Tabel hasilnya seperti pada Tabel 1.

Dilihat dari Tabel 1 bahwa nilai k untuk sudut 75° adalah sebesar 70 dengan sedikit pembulatan, sedangkan untuk sudut 20° k = 270, 45° k = 260, 60° k = 160 dan 85° k = 14 juga ada pembulatannya. Dengan diketahui nilai k untuk sudut 75° baru dilakukan percobaan.

Tabel 1 Nilai k pada Sudut 60° dan 85° untuk n = 1.4 sampai dengan n = 1.8

n	20		45		60		85		75	
	k	G	k	G	k	G	k	G	k	G
1.4	57	257.485	61.3	231.7365	71.9	168.2635	20.35928	96.6	79.52096	88.3
1.41	59.4	258.5987	63.5	232.4841	73.7	167.5159	19.74522	96.9	78.8535	89.0
1.42	61.8	259.8639	65.7	233.3333	75.5	166.6667	19.04762	97.2	78.09524	89.7
1.43	64.3	260.5839	68	233.5766	77.2	166.4234	18.24818	97.5	77.51825	90.4
1.44	66.7	262.2047	70.3	233.8583	79	165.3543	18.89764	97.6	77.48031	91.1
1.45	69.2	263.2479	72.6	234.188	80.7	164.9573	17.09402	98	76.23932	91.8
1.46	71.8	263.5514	74.9	234.5794	82.4	164.486	16.82243	98.2	75.88785	92.5
1.47	74.3	264.9485	77.2	235.0515	84.1	163.9175	16.49485	98.4	75.46392	93.2
1.48	76.9	265.5172	79.5	235.6322	85.8	163.2184	16.09195	98.6	74.94253	93.9
1.49	79.4	267.5325	81.8	236.3636	87.5	162.3377	15.58442	98.8	74.28571	94.6
1.5	82	268.6567	84.1	237.3134	89.1	162.6866	14.92537	99	74.02985	95.3
1.51	84.7	268.4211	86.5	236.8421	90.8	161.4035	14.03509	99.2	72.98246	96.0
1.52	87.3	270.2128	88.8	238.2979	92.4	161.7021	14.89362	99.3	73.61702	96.7
1.53	90	270.2703	91.2	237.8378	94.1	159.4595	13.51351	99.5	71.89189	97.4
1.54	92.7	270.3704	93.6	237.037	95.7	159.2593	14.81481	99.6	72.59259	98.1
1.55	95.4	270.5882	95.9	241.1765	97.3	158.8235	11.76471	99.8	70.58824	98.8
1.56	98.1	271.4286	98.3	242.8571	98.9	157.1429	14.28571	99.9	71.42857	99.5
1.567	100	0	100	0	100	0	0	100	0	100
1.57	100.8	266.6667	100.8	266.6667	100.5	166.6667	0	100	66.66667	100.2
1.58	103.6	276.9231	103.6	276.9231	102.1	161.5385	15.38462	100.2	73.84615	100.9
1.59	106.3	273.913	106.3	273.913	103.6	156.5217	13.04348	100.3	70.43478	101.6
1.6	109.1	275.7576	109.1	275.7576	105.2	157.5758	12.12121	100.4	70.30303	102.3
1.61	111.9	276.7442	111.9	276.7442	106.7	155.814	11.62791	100.5	69.30233	103.0
1.62	114.3	269.8113	114.3	269.8113	108.4	158.4906	11.32075	100.6	70.18868	103.7
1.63	117.5	277.7778	117.5	277.7778	109.8	155.5556	11.11111	100.7	68.88889	104.4
1.64	120.4	279.4521	120.4	279.4521	111.3	154.7945	10.9589	100.8	68.49315	105.1
1.65	123.2	279.5181	123.2	279.5181	112.8	154.2169	10.84337	100.9	68.19277	105.8
1.66	126.1	280.6452	126.1	280.6452	114.3	153.7634	9.677419	100.9	67.31183	106.5
1.67	129	281.5534	129	281.5534	115.8	153.3981	9.708738	101	67.18447	107.2
1.68	131.8	281.4159	131.8	281.4159	117.3	153.0973	9.734513	101.1	67.07965	107.9
1.69	134.7	282.1138	134.7	282.1138	118.8	152.8455	9.756098	101.2	66.99187	108.6
1.7	137.6	282.7068	137.6	282.7068	120.3	152.6316	9.022556	101.2	66.46617	109.3
1.71	140.5	283.2168	140.5	283.2168	121.7	151.7483	9.090909	101.3	66.15385	110.0
1.72	143.4	283.6601	143.4	283.6601	123.2	151.634	8.496732	101.3	65.75163	110.7
1.73	146.4	284.6626	146.4	284.6626	124.6	150.9202	8.588957	101.4	65.52147	111.4
1.74	149.3	284.9711	149.3	284.9711	126.1	150.8671	8.092486	101.4	65.20231	112.1
1.75	152.2	285.2459	152.2	285.2459	127.5	150.2732	8.196721	101.5	65.02732	112.8
1.76	155.2	286.0104	155.2	286.0104	128.9	149.7409	7.772021	101.5	64.55959	113.5

									75	
n	20	k	45	k	60	k	k	85	k	75
1.77	158.1	286.2069	158.1	286.2069	130.4	149.7537	7.881773	101.6	64.63054	114.2
1.78	161.1	286.8545	161.1	286.8545	131.8	149.2958	7.511737	101.6	64.22535	114.9
1.79	164	286.9955	164	286.9955	133.2	148.8789	7.174888	101.6	63.8565	115.6
1.8	167	287.5536	167	287.5536	134.6	148.4979	7.296137	101.7	63.77682	116.3
		11253.86		10752.54		6462.138	501.0315		2885.474	
		267.949		256.0129		153.8604	11.92932		68.70176	

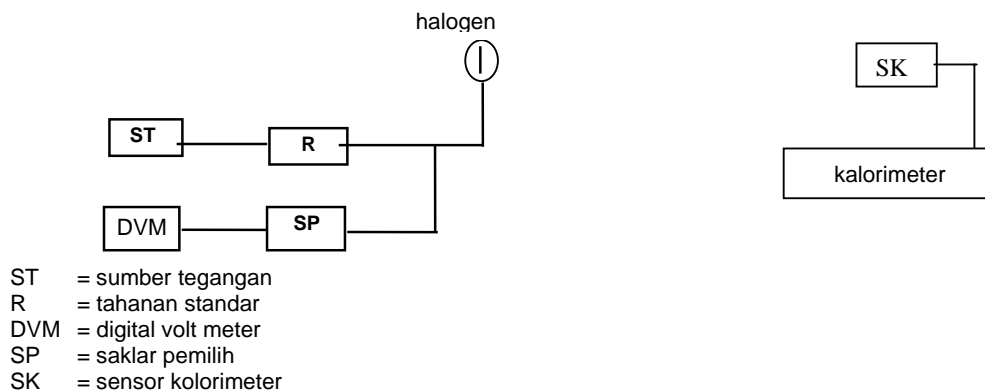
4. PERCOBAAN DAN HASIL

Lampu halogen yang digunakan pada sistem pengukuran standar kilap [7] sebelum dipakai percobaan dicek dahulu suhu warnanya. Suhu warna dapat ditentukan dengan kolorimeter, sensor kolorimeter yang ditempatkan dimuka lampu dengan susunan pengukuran seperti pada Gambar 1.

Lampu halogen dinyalakan sesuai dengan arus (7,567 A) dari percobaan sebelumnya [7] kemudian baca penunjukan nilai x, y kolorimeter hasilnya seperti pada Tabel 1.

Lampu halogen yang sudah cek suhu warnanya, dimasukkan kembali pada kolimator sehingga keluaran cahayanya tetap terkolimasi.

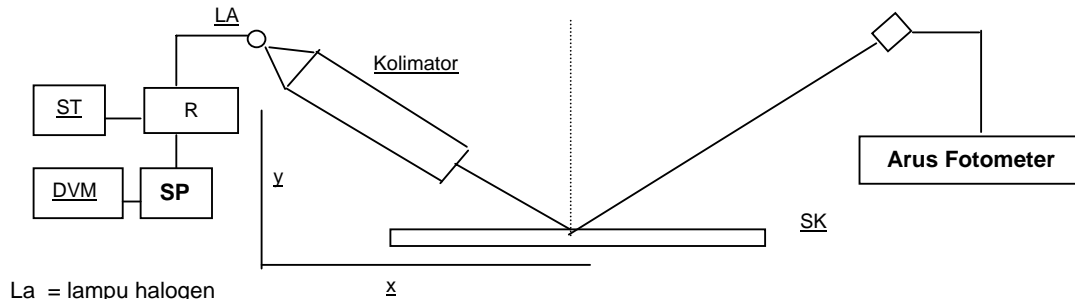
Sistem pengukuran standar kilap pada Gambar 2 yang telah dibuat [7] adalah 200 dan 600 terdiri dari sumber cahaya tipe A terkolimasi dan fotometer fungsi $V(\lambda)$ sebagai sensor, sedangkan untuk penambahan sudut 750 pada percobaan ini telah dipersiapkan. Antara sumber cahaya terhadap normal dan fotometer terhadap normal dapat diatur sudutnya dengan memindahkan penempatannya sesuai disain sistem pengukuran yang telah dibuat yaitu $750 \pm 0,28$ 0 sudut ini ditentukan dari arc tan x/y yang sama untuk sumber cahaya dan sensor.



Gambar 1 Susunan Pengukuran Suhu Warna Lampu Halogen

Tabel 1 Nilai Koordinat Kromatisitas Lampu Wi 41/G dan Halogen

Lampu	Arus Lampu (A)	Koordinat Kromatisitas	
		x	y
Tipe A		0,447	0,407
Halogen	7,567	0,449	0,409



La = lampu halogen
 SK = standar kilap
 ST = sumber tegangan
 R = tahanan standar
 DVM = digital volt meter
 SP = saklar pemilih
 F = fotometer

Gambar 2 Susunan Sistem Pengukuran Standar Kilap

Sistem pengukuran diatur pada sudut 75°, lampu halogen dinyalakan sesuai dengan arusnya, gelas datar 1 dengan $n = 1,51680 \pm 0,00003$ (sebagai standar kilap) ditempatkan pada bidang normal (lihat Gambar 1) sehingga cahaya terkolimasi mengenai gelas datar 1 kemudian dibiaskan dan diteruskan ke fotometer. Keluaran fotometer berupa arus fotometer yang mempunyai attenuator, maka nilainya dapat disesuaikan dengan nilai kilap gelas datar menurut perhitungan dengan persamaan (4)

$$\text{Nilai kilap} = 100 - k (1,56700 - n)$$

Untuk sudut 75° $k = 70$

$$\begin{aligned} \text{Nilai kilap} &= 100 - 70 (1,56700 - 1,51680) \\ &= 100 - 70 (0,0502) \\ &= 96,486, \text{ yaitu } 96,5. \end{aligned}$$

Kemudian gelas datar 1 ($n = 1,51680$) diganti dengan gelas datar 2 ($n = 1,53996 \pm 0,00003$), nilai kilap akan ditunjukkan langsung pada arus fotometer, hasil nilai kilap dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Penunjukkan Arus Fotometer sebagai Nilai Kilap

No.	Gelas datar	Penunjukkan Arus fotometer $\times 10^{-8}$ A	Nilai kilap	Keterangan
		75°	75°	sudut
1.	$n = 1,51680$	0,0096	96	
2.	$n = 1,53996$	0,0098	98	

5. PEMBAHASAN

Dari hasil pengukuran kembali koordinat kromatisitas x, y halogen pada Tabel 1, untuk harga $x = 0,448$ dan $y = 0,409$ jika dibandingkan dengan lampu tipe A maka ada penyimpangan kurang lebih sebesar 0,002 dari dari koordinat kromatisitas x, y tipe A[4,5,6]. Gelas datar no. 1 dan no. 2 adalah gelas optik dari bahan BK 7 dan Ba K2 dibuat sebagai standar kilap, maka permukaannya diratakan dahulu kemudian bidang bawah, samping kiri dan kanan (melingkari bidang tegak) dilapisi cat hitam pudar dan bidang atas merupakan permukaan kilap. Kerataan permukaan dari kedua gelas datar

diukur kembali dengan base plate (permukaan datar) menggunakan metoda interferensi optik , sehingga terjadi frinji frinji untuk

- gelas datar no. 1 didapat 2 frinji/cm atau λ/cm
 - gelas datar no. 2 didapat 2 frinji/cm atau $1\lambda/cm$
- maka gelas datar no.1 dan 2 mempunyai kerataan lebih kecil 2 λ/cm masih sesuai dengan persyaratan minimum [2,3]. Dari hasil penunjukkan arus fotometer Tabel 2 untuk gelas datar $n = 1,51680$ pada sudut 75° sebenarnya lebih dari yang tercantum, karena diset dengan attenuator maka hasilnya disesuaikan dengan nilai kilap hasil perhitungan. Kemudian nilai kilap untuk gelas datar yang lain $n = 1,53996$ akan

ditunjukkan langsung oleh arus fotometer. Nilai kilap dapat dihitung dengan persamaan (4), untuk $n = 1,53996$ pada sudut 75°

$$\begin{aligned} \text{Nilai kilap} &= 100 - 70(1,56700 - 1,53996) \\ &= 100 - 1,8928 = 98,1 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, nilai kilap gelas datar pada sudut 75° dapat dihitung dan bila dibuat Tabel hasilnya seperti pada Tabel 4.

Hasil keluaran arus fotometer yang merupakan nilai kilap pada Tabel 2 tidak mempunyai koma, karena penunjukkan arus

fotometer adalah 4½ digit. Nilai kilap hasil percobaan mempunyai ketidakpastian pengukuran sebesar $\pm 0,4$ Gloss. Jika nilai kilap hasil percobaan pada Tabel 3 dibandingkan dengan nilai kilap hasil perhitungan Tabel 4 didapat penyimpangan nilai kilap seperti pada Tabel 5.

Kemudian standar kilap hasil percobaan/hasil perhitungan dicoba untuk kalibrasi gloss meter pada sudut pengukuran 75° hasilnya adalah seperti pada Tabel 6.

Tabel 4 Nilai Kilap Gelas Datar Hasil Perhitungan

No.	Gelas datar	Nilai kilap perhitungan pada sudut 75°
1.	n = 1,517	96,5
2.	n = 1,540	98.1

Tabel 5 Penyimpangan Hasil Percobaan terhadap Hasil Perhitungan

Sudut	No	Fungsi	Nilai kilap Gelas datar	Nilai kilap perhitungan	Penyimpangan Nilai kilap
75°	1	Standar	96	96,5	+ 0.5
	2	Diukur	98	98.1	+ 0,1

Tabel 6 Percobaan Kalibrasi

Sudut	Standar (Gloss)	Penunjukkan Alat (Gloss)
75°	96.5	98.0
	98.1	99.4

Dari hasil percobaan kalibrasi seperti pada Tabel 5 bahwa alat tersebut mempunyai kesalahan pembacaan sebesar kurang lebih 1.5 Gloss.

Penambahan sudut 75° pada sistem pengukuran standar kilap ini dipilih hanya sudut 75,14° ± 0,28°, karena pengukuran pada sudut tersebut banyak digunakan pada industri kertas. Penyimpangan nilai kilap pada Tabel 5 untuk gelas datar no.1 dan gelas datar no.2 didapat lebih kecil dari 1 satuan Gloss atau jika dalam persen tertinggi sebesar 0,5/96,5 = 0,5 %. Nilai kilap hasil percobaan/pengukuran mempunyai ketidakpastian pengukuran sebesar ± 0.4 Gloss

6. KESIMPULAN DAN SARAN

- Nilai k untuk sudut 75° dapat ditentukan dari interpolasi nilai k sudut 60° dan nilai k sudut 85° pada n= 1,4 sampai dengan n= 1,8; maka pengukuran standar kilap pada sudut 75° dapat dilakukan di laboratorium Radio Fotometri Bidang Metrologi Puslit KIM-LIPI dengan penyimpangan 0,5%
- Penambahan rentang pengukuran dapat dilakukan dengan menambah gelas datar dengan indeks bias yang berlainan.

DAFTAR PUSTAKA

- SNI 2236 : 2008 Kertas dan Karton – Cara uji kilap – Sudut 75 derajat (75°) Badan Standardisasi Nasional
- British Standards Institution BSI (BS6161) British Standard Methods of test for Anodic oxidation coatings on aluminium and its alloys Part 12. Measurement of specular reflectance and specular gloss at angles of 20°, 45°, 60° or 85°
- International Standard ISO 7668. Anodized aluminium and aluminium alloys – Measurement of specular reflectance and specular gloss at angles of 20°, 45°, 60° or 85°
- Gunter Wyszecki & WS Stiles, Color Sciences Concepts and Methods, Qualitative Data and Formulas. John Wiley & sons, Inc 1982.
- I E S Lighting Hand Book, Illuminating Engineering Society. New York 1978 Colorimetry, Publication CIE no 15.2 (1986), Central Bureau of the CIE
- Boedi Soesatyo, Sunarya D Marwah, Hari P, Ruhana. 2002. Sistem Pengukuran Standar Kilap Publikasi Ilmiah PPI – KIM PPI – KIM