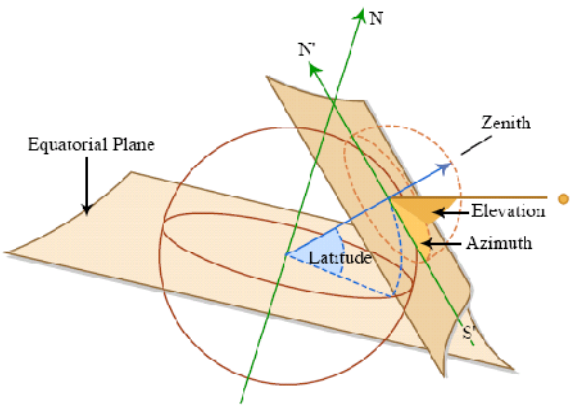
Bab 13 Pergerakan Matahari dan Pemodelan Angkasa

Dr. Yeffry Handoko Putra, S.T, M.T
E-mail: yeffry@unikom.ac.id

Pergerakan Matahari

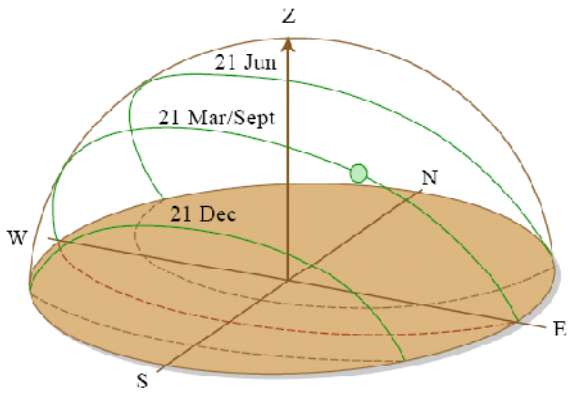
elevation η		latitude l
azimuth ϕ	$\leftrightarrow$	declination δ
		solar time H^{solar}

$\eta_{noon} = 90° - l + \delta$



Pergerakan Matahari

- Proyeksi matahari



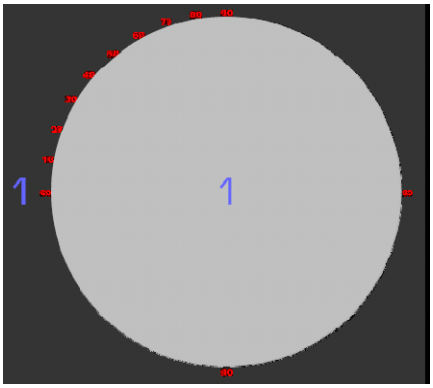
142

Model Angkasa (Sky Model)

Langit Mendung (Overcast sky)

- 7000 (winter) sampai 20000 (summer) lux pada tanah
- Luminansi uniform $L[\theta]=L_z$





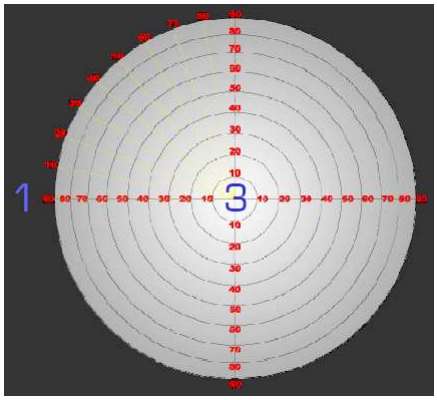
143

Model Angkasa (Sky Model)

Overcast sky

- 7000 (winter) sampai 20000 (summer) lux pada tanah
- Luminansi uniform $L[\theta]=L_z$
- CIE Overcast

$$L(\theta)=L_z(1+2\sin\theta)/3$$



144

Model Angkasa (Sky Model)(2)

Clear sky

- 30.000 (winter) sampai 100.000 (summer) lux pada tanah

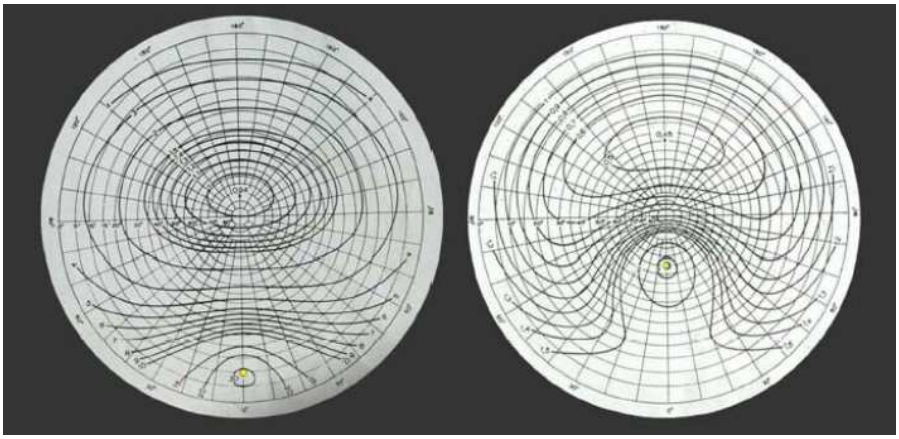


145

Model Angkasa (Sky Model)

Clear sky

- CIE Clear sky model
  L = letak luminansi zenith dan posisi matahari



Perhitungan faktor pencahayaan sianghari rata-rata (average daylight factor)

- Persamaan empiris

$$DF_{average} = \frac{\sum(W \cdot \tau \cdot \theta \cdot m)}{A(1-R_2)}$$

dengan

W = luas setiap jendela [m^2]
τ = Transmitansi dari setiap benda mengkilat
θ = sudut vertikal langit dilihat dari tengah-tengah jendela
m = faktor pemeliharaan (maintenance) berdasarkan sudut silau dan kemengkilatan (0,5 -0,9)
A = Total luas permukaan dalam (dinding, jendela, lantai, langit-langit) [m^2]
R_2 = Reflektansi dari setiap permukaan (0,1 untuk gelas)

147

Metoda pemisahan fluks (Split-flux method)

D[%]=Ep/Eh

UK Building Research Establishment (BRE)

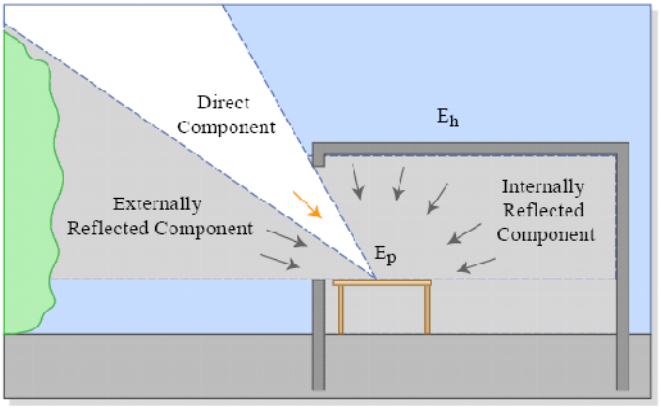
$$\text{Illuminance ratio} = \frac{E_p \text{ from visible sky portion}}{E_h \text{ from whole sky}}$$

148

Metoda pemisahan fluks (Split-flux method)

D[%]=Ep/Eh = penjumlah dari

- Direct Sky Component: SC

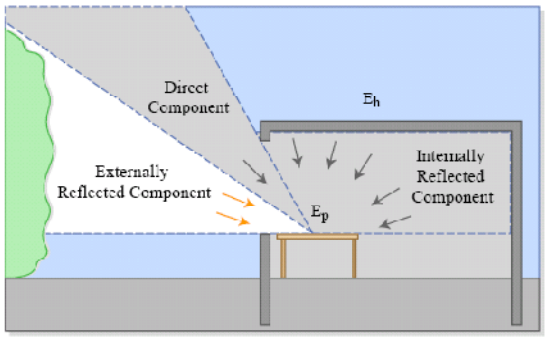


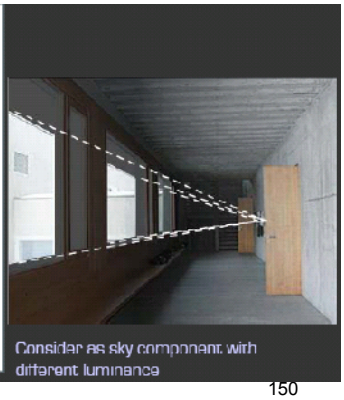
149

Metoda pemisahan fluks (Split-flux method)

D[%]=Ep/Eh = penjumlah dari

- Direct Sky Component: SC





150

Metoda pemisahan fluks (Split-flux method)

D[%]=Ep/Eh = penjumlah dari

- Direct Sky Component: SC
- Externally Reflected Component: ERC

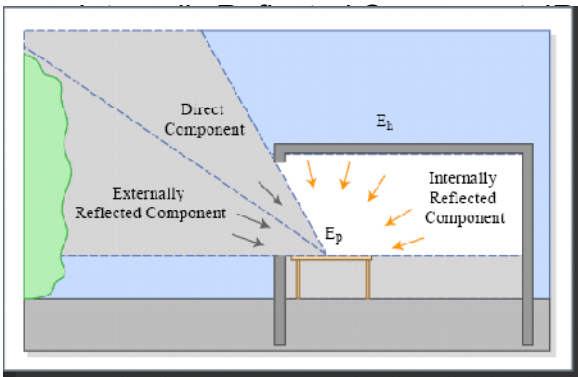
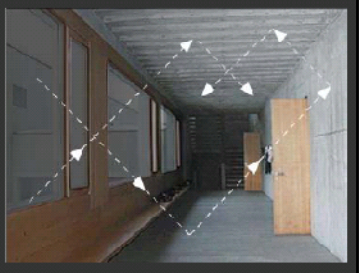


Figure by MIT OCW.



Use formula $Average\,IFC=\frac{0.85W}{A(1-\rho_i^2)}\times(C\rho_{fm}+5\rho_{cm})$

Tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung (SNI 03-2396-2001)

Istilah dan Definisi

- Bidang lubang cahaya efektif :
  Bidang vertikal sebelah dalam dari lubang cahaya
- Faktor langit (R) :
  Angka karakteristik yang digunakan sebagai ukuran keadaan pencahayaan alami siang hari di berbagai tempat dalam suatu ruangan
- Langit perancangan :
  Langit dalam keadaan yang ditetapkan dan dijadikan dasar untuk perhitungan
- Lubang cahaya efektif untuk suatu titik ukur :
  Bagian dari bidang lubang cahaya efektif lewat mana titik ukur itu melihat langit
- Terang langit :
  Sumber cahaya yang diambil sebagai dasar untuk penentuan syarat-syarat pencahayaan alami siang hari
- Titik ukur :
  Titik di dalam ruangan yang keadaan pencahayaannya dipilih sebagai indikator untuk keadaan pencahayaan seluruh ruangan

152

Kriteria Perancangan

I. Pencahayaan alami siang hari dapat dikatakan baik apabila :

a. Pada siang hari antara jam 08.00 sampai dengan jam 16.00 waktu setempat, terdapat cukup cahaya yang masuk ke dalam ruangan
b. Distribusi cahaya di dalam ruangan cukup merata dan atau tidak menimbulkan kontras yang mengganggu

2. Tingkat pencahayaan alami dalam ruangan

Ditentukan oleh tingkat pencahayaan langit pada bidang datar di lapangan terbuka pada waktu yang sama

Perbandingan tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan dan pencahayaan alami pada bidang datar di lapangan terbuka ditentukan oleh :

a. hubungan geometris antara titik ukur dan lubang cahaya
b. ukuran dan posisi lubang cahaya
c. distribusi terang langit
d. bagian langit yang dapat dilihat dari titik ukur

153

Kriteria Perancangan (2)

3. Faktor pencahayaan alami siang hari (PASH)

Faktor pencahayaan alami siang hari adalah perbandingan tingkat pencahayaan pada suatu titik dari suatu bidang tertentu di dalam ruangan terhadap tingkat pencahayaan bidang datar di lapangan terbuka yang merupakan ukuran kinerja lubang cahaya ruangan tersebut

Faktor PASH terdiri dari 3 komponen:

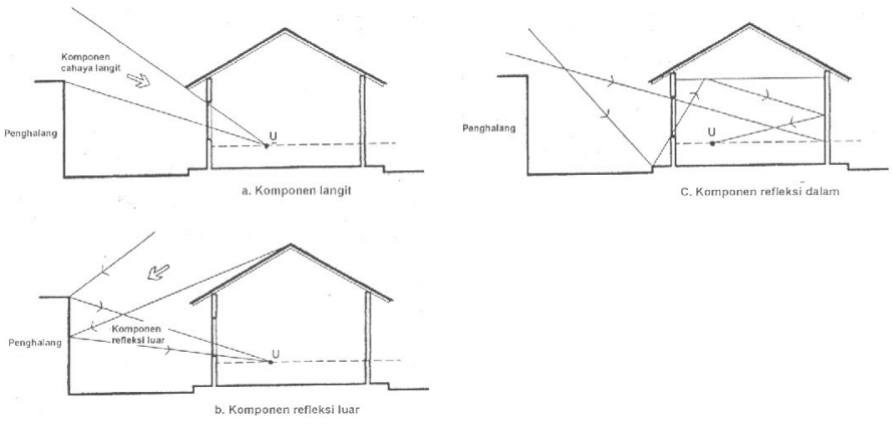
a. **Komponen langit (faktor langit-fl)**
   yakni komponen pencahayaan langsung dari cahaya langit

b. **Komponen refleksi luar (faktor refleksi luar-frl)**
   yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi benda-benda yang berada di sekitar bangunan yang bersangkutan

c. **Komponen refleksi dalam (faktor refleksi dalam –frd)**
   yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi permukaan-permukaan dalam ruangan, dari cahaya yang masuk ke dalam ruangan akibat refleksi benda-benda di luar ruangan maupun dari cahaya langit

154

Faktor PASH



155

Kriteria Perancangan (3)

Persamaan-persamaan untuk menentukan faktor pencahayaan alami :

$$fl = \frac{1}{2\pi}\left\{\arctan\frac{L}{D} - \frac{1}{\sqrt{1+\left(H/D\right)^2}}\arctan\frac{L/D}{\sqrt{1+\left(H/D\right)^2}}\right\} \quad \text{.....(1)}$$

Keterangan :

L = lebar lubang cahaya efektif
H = tinggi lubang cahaya efektif
D = jarak titik ukur ke lubang cahaya

$$frl = (fl)_p \, xL_{rata-rata} \quad \text{.....(2)}$$

$$frd = \frac{\tau_{kaca}}{A(1-R)} x\left(CR_{fw} + 5R_{cw}\right) \quad \text{.....(3)}$$

Keterangan :

$(fl)_p$ = faktor langit jika tidak ada penghalang
$L_{rata\text{-}rata}$ = perbandingan antara luminansi penghalang dengan luminansi rata-rata langit

156

τ_{kaca} = faktor transmisi cahaya dari kaca penutup lubang cahaya, besarnya tergantung pada jenis kaca yang nilainya dapat diperoleh dari katalog yang dikeluarkan oleh produsen kaca tersebut

A = Luas seluruh permukaan dalam ruangan

R = faktor refleksi rata-rata seluruh permukaan

W = luas lubang cahaya

R_{cw} = faktor refleksi rata-rata dari langit-langit dan dinding bagian atas dimulai dari bidang yang melalui tengah-tengah lubang cahaya, tidak termasuk dinding dimana lubang cahaya terletak

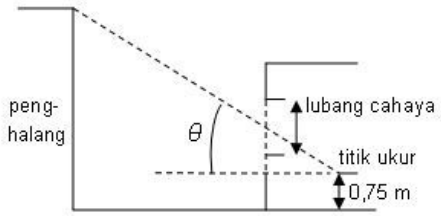
C = konstanta yang besarnya tergantung dari sudut penghalang

Rw = faktor refleksi rata-rata lantai dan dinding bagian bawah dimulai dari bidang yang melalui tengah-tengah lubang cahaya, tidak termasuk dinding dimana lubang cahaya terletak.

157

Konstanta Sudut Penghalang

- Untuk sudut penghalang sebesar θ, konstanta C yang digunakan ialah sbb.:



θ (^{o})	C
0	39
10	35
20	31
30	25
40	20
50	14
60	10
70	7
80	5

158

Langit Perancangan

- Langit yang sering dijumpai, memberikan tingkat pencahayaan pada bidang datar di lapangan terbuka, dengan nilai dekat minimum sedemikian sehingga frekuensi kegagalan untuk mencapainya cukup rendah

  -> untuk Indonesia 10 000 lux
- - Langit biru tanpa awan
  - Langit yang seluruhnya tertutup awan
  - Langit yang terangnya merata di mana-mana (*uniform*) -> di Indonesia

159

Faktor Pencahayaan Alami Siang Hari

- Perbandingan antara iluminansi horisontal di bidang kerja dalam ruangan (E_i [lux]) terhadap iluminansi horisontal di lapangan terbuka di luar ruangan (E_o [lux]) pada saat yang sama -> FPASH = (E_i/E_o) × 100%
- Jumlah dari faktor refleksi dalam (FRD), faktor refleksi luar (FRL), dan faktor langit (FL) di suatu titik ukur dalam ruangan

  -> FPASH = FRD + FRL + FL

160

Titik Ukur

- Diambil pada bidang datar (bidang kerja) setinggi 0,75 meter di atas lantai
- Titik ukur utama (TUU), diambil pada tengah-tengah kedua dinding samping, pada jarak *d/* 3 dari bidang lubang cahaya efektif (*d* = kedalaman ruangan)
- Titik ukur samping (TUS), diambil pada jarak 0,5 meter dari dinding samping, pada jarak *d/* 3 dari bidang lubang cahaya efektif

161

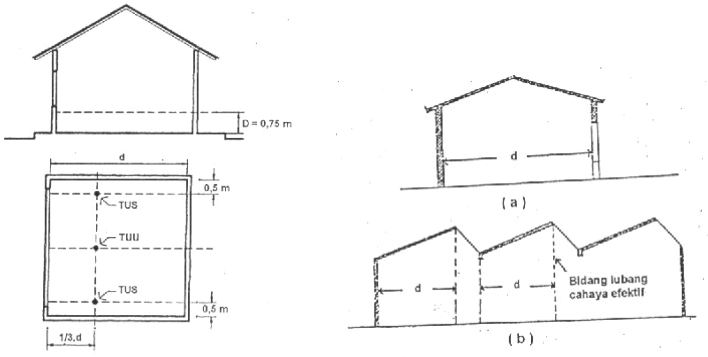
Kedalaman Ruangan

- Jarak antara lubang cahaya efektif dengan dinding seberangnya
- Jika kedua dinding yang berhadapan tidak sejajar, jarak *d* diambil di tengah antara kedua dinding tsb, atau diambil rata-ratanya
- Untuk ruangan dengan *d* ≤ 6 m, ketentuan jarak *d*/3 diganti dengan jarak minimum 2 m

162

Kedalaman Ruangan

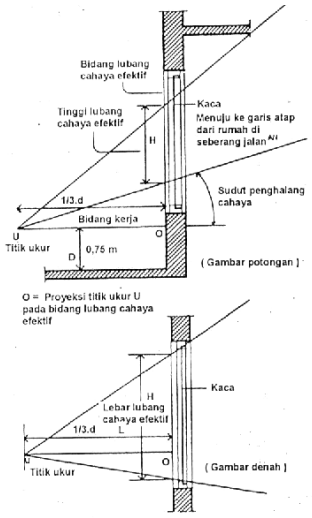
- Ilustrasi TUU, TUS, dan kedalaman ruangan



163

Lubang Cahaya Efektif

- Bagian dari bidang lubang cahaya di mana langit dapat terlihat dari titik ukur
- Luasnya dapat lebih kecil dari luas lubang cahaya



164

Klasifikasi Kualitas Pencahayaan

- Kualitas A: kerja halus sekali, pekerjaan cermat terus-menerus, misal: menggambar detil, menjahit kain warna gelap
- Kualitas B: kerja halus, pekerjaan cermat tidak terus-menerus, misal: menulis, membaca, merakit komponen
- Kualitas C: kerja sedang, tanpa konsentrasi besar, misal: pekerjaan kayu
- Kualitas D: kerja kasar, hanya detil-detil besar yang harus dikenal, misal: gudang, lorong lalu lintas orang

165

Standar Faktor Langit

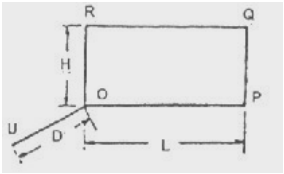
- Untuk bangunan umum, FL minimum di TUS sebesar 40% FL minimum di TUU
- Standar FL_{min} di TUU (*d* dalam meter):

Kualifikasi	FL_{min} di TUU [%]
A	0,45 *d*
B	0,35 *d*
C	0,25 *d*
D	0,15 *d*

166

Perhitungan Faktor Langit

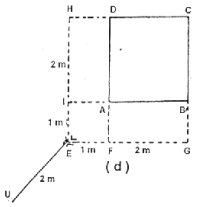
- Dilakukan dengan metoda analisis di mana nilai FL [%] dinyatakan sebagai fungsi dari *H/D* dan *L/D*, seperti tercantum dalam tabel 4 SNI 03-2396-2001



167

Contoh Perhitungan Faktor Langit

- Misalkan diketahui posisi titik ukur dan lubang cahaya efektif sbb.:
- Lubang cahaya ABCD dianggap terdiri dari lubang-lubang:
  EGCH dengan *H/D* = 1,5 dan *L/D* = 1,5
  (–) EFDH dengan *H/D* = 1,5 dan *L/D* = 0,5
  (+) EFAI dengan *H/D* = 0,5 dan *L/D* = 0,5
  (–) EGBI dengan *H/D* = 0,5 dan *L/D* = 1,5



168

Contoh Perhitungan Faktor Langit

- Maka menurut tabel 4 SNI 03-2396-2001, faktor langit di titik ukur U yang disebabkan lubang cahaya ABCD sebesar

$$FL = FL_{EGCH} - FL_{EFDH} + FL_{EFAI} - FL_{EGBI}$$
$$= 9{,}52\% - 4{,}99\% + 1{,}39\% - 2{,}40\%$$
$$= 3{,}52\%$$

169

Tabel 4 SNI 03-2396-2001

Nilai Faktor Langit dinyatakan dalam %.

L/D / H/D	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,1	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10
0,2	0,06	0,12	0,17	0,22	0,27	0,30	0,33	0,36	0,38	0,40
0,3	0,13	0,26	0,37	0,48	0,57	0,65	0,72	0,77	0,82	0,86
0,4	0,22	0,43	0,62	0,80	0,96	1,09	1,20	1,30	1,38	1,44
0,5	0,32	0,62	0,91	1,17	1,39	1,59	1,76	1,90	2,02	2,11
0,6	0,42	0,82	1,20	1,55	1,85	2,12	2,34	2,53	2,69	2,83
0,7	0,52	1,02	1,50	1,93	2,31	2,64	2,93	3,18	3,38	3,55
0,8	0,62	1,22	1,78	2,29	2,75	3,26	3,50	3,80	4,05	4,26
0,9	0,71	1,40	2,04	2,64	3,17	3,63	4,04	4,39	4,69	4,94
1,0	0,79	1,56	2,29	2,95	3,56	4,09	4,55	4,95	5,29	5,57
1,5	1,10	2,17	4,13	4,13	4,99	5,77	6,45	7,05	7,58	8,03
2,0	1,27	2,51	4,80	4,80	5,81	6,74	7,56	8,29	8,94	9,51
2,5	1,37	2,70	3,98	3,98	6,29	7,31	8,22	9,03	9,76	10,40
3,0	1,43	2,82	4,16	4,16	6,59	7,66	8,62	9,49	10,27	10,96
3,5	1,47	2,90	4,28	4,28	6,78	7,89	8,89	9,79	10,60	11,33
4,0	1,49	2,95	4,36	4,36	6,91	8,04	9,07	10,00	10,83	11,58
4,5	1,51	2,99	4,41	4,41	7,01	8,15	9,20	10,15	11,00	11,76
5,0	1,53	3,02	4,46	4,46	7,07	8,24	9,29	10,25	12,12	11,90
6,0	1,54	3,06	4,51	4,51	7,17	8,34	9,42	10,40	11,28	11,07

170

Tabel 4 SNI 03-2396-2001

L/D / H/D	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0
0,1	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
0,2	0,45	0,47	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,49
0,3	0,97	1,01	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,05
0,4	1,63	1,71	1,74	1,76	1,77	1,78	1,78	1,78	1,78
0,5	2,40	2,52	2,57	2,60	2,61	2,63	2,63	2,63	2,63
0,6	3,22	3,39	3,46	3,50	3,52	3,54	3,54	3,54	3,55
0,7	4,07	4,29	4,39	4,4	4,47	4,48	4,50	4,50	4,51
0,8	4,90	5,18	5,31	5,37	5,41	5,43	5,45	5,45	5,46
0,9	5,71	6,04	6,04	6,20	6,28	6,33	6,36	6,39	6,40
1,0	6,47	6,87	7,06	7,16	7,22	7,25	7,28	7,28	7,30
1,5	9,52	10,23	10,59	10,79	10,90	10,97	11,05	11,05	11,08
2,0	11,44	12,43	12,96	13,26	13,44	13,55	13,62	13,67	13,73
2,5	12,64	13,85	14,52	14,92	15,16	15,32	15,42	15,49	15,58
3,0	13,41	14,78	15,58	16,06	16,36	16,55	16,70	16,79	16,91
3,5	13,93	15,42	16,31	16,87	17,22	17,46	17,64	17,74	17,89
4,0	14,30	15,88	16,84	17,45	17,85	18,13	18,32	18,46	18,63
4,5	14,56	16,21	17,23	17,89	18,33	18,63	18,85	19,01	19,21
5,0	14,75	16,45	17,52	18,22	18,69	19,03	19,26	19,44	19,67
6,0	15,01	16,79	17,92	18,68	19,20	19,58	19,85	20,06	20,33

171