

Teknologi grafika — Pengukuran spektral dan perhitungan kolorimetrik untuk citra grafis

(ISO 13655:2017, IDT)

© ISO 2017 – All rights reserved

© BSN 2019 untuk kepentingan adopsi standar © ISO menjadi SNI – Semua hak dilindungi

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis BSN

BSN

Email: dokinfo@bsn.go.id

www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	iii
Pendahuluan	iv
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Persyaratan pengukuran spektral	4
4.1 Standardisasi instrumen dan penyesuaian	4
4.2 Pengukuran faktor reflektans	5
4.3 Pengukuran faktor transmitans	8
4.4 Pengukuran layar monitor (pancaran spektral)	9
5 Persyaratan perhitungan kolorimetrik	11
5.1 Perhitungan nilai tristimulus untuk sampel reflektif dan transparan	11
5.2 Perhitungan nilai tristimulus untuk layar monitor	12
5.3 Ruang warna CIE 1976 ($L^*a^*b^*$); ruang warna CIELAB	14
6 Persyaratan pelaporan data pengukuran	16
6.1 Informasi yang dipersyaratkan	16
6.2 Informasi yang direkomendasikan	16
6.3 Pelaporan data elektronik	16
Lampiran A (normatif) Latar sampel	17
Lampiran B (informatif) Geometri	22
Lampiran C (informatif) Meningkatkan kesesuaian antar-instrumen	25
Lampiran D (informatif) Bahan acuan bersertifikat (CRMs)	27
Lampiran E (informatif) Prosedur untuk pelebaran <i>bandwidth</i>	29
Lampiran F (informatif) Spesimen berpendar	31
Lampiran G (normatif) Metode pengujian kesesuaian UV-Cut	33
Lampiran H (informatif) Kasus khusus: Penggunaan polarisasi	35
Lampiran I (informative) Contoh perhitungan untuk mengubah pengukuran spektral menjadi nilai tristimulus	36
Lampiran J (normatif) Perhitungan CIELAB perbedaan warna total (ΔE^*_{ab})	43
Lampiran K (normatif) Perhitungan jumlah perbedaan warna CIEDE2000 (ΔE_{00})	44
Lampiran L (informatif) Dampak pengukuran tapis lolos pada jumlah spektral	48
Bibliografi	50

Tabel A.1 - Faktor reflektans spektral.....	19
Tabel B.1 - Diameter aperture sampel melingkar dan wilayah untuk pengukuran nada tengah.....	24
Tabel I.1 - Data faktor reflektansi untuk satu set warna proses	38
Tabel I.2 - Bobot spektral, $W(\lambda)$, untuk iluminan D50 dan 2° pengamat untuk menghitung tristimulus dari data pada interval 10 nm dan <i>bandwidth</i> 10 nm	41
Tabel I.3 - 10 nm data faktor refleksi untuk satu set warna proses	42
Tabel K.1 - Data contoh untuk perhitungan CIEDE2000	47
Tabel L.1 - Pengaruh tapis lolos dan interval sampling pada pengukuran warna	49

Prakata

SNI ISO 13655:2017, *Teknologi grafika — Pengukuran spektral dan perhitungan kolorimetrik untuk citra grafis* merupakan adopsi identik dari ISO 13655:2017, *Graphic technology — Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images* dengan cara metode terjemahan satu bahasa (monolingual).

Dalam standar ini istilah “ISO” diganti menjadi “SNI ISO” dan istilah “*International Standard*” diganti dengan “Standar Nasional”.

Standar ini disusun oleh **Komite Teknis 37-01, Teknologi Grafika** Badan Standardisasi Nasional. Standar ini telah dikonsensuskan di Jakarta pada tanggal 12 Agustus 2019. Konsensus ini dihadiri oleh para pemangku kepentingan (*stakeholder*) terkait, yaitu perwakilan dari pelaku usaha, konsumen, pakar dan pemerintah.

Standar ini telah melalui jajak pendapat pada tanggal 6 September 2019 sampai dengan 5 Oktober 2019 dengan hasil disetujui menjadi SNI

Terdapat ketidaksesuaian menurut Komite Teknis 37-01 yang ditemukan dalam dokumen standar ini yaitu:

1. Pada subpasal 3.8 dinyatakan “substrat yang kelegapannya (3.7), diukur menurut A.3, adalah 0,99 atau lebih besar” seharusnya “substrat yang kelegapannya (3.7), diukur menurut A.3, adalah 99 atau lebih besar”
2. Pada subpasal 4.2.2.2 dinyatakan “Jika tinta cetak berpendar dan data yang diperlukan adalah data kolorimetrik yang akurat, kondisi pengukuran M1, maka Metode 1 adalah satu-satunya pilihan” seharusnya “Jika tinta cetak berpendar dan data yang diperlukan adalah data kolorimetrik yang akurat, kondisi pengukuran M1, maka Metode a adalah satu-satunya pilihan”

Apabila pengguna menemukan keraguan dalam standar ini maka disarankan untuk melihat standar aslinya yaitu ISO 13655:2017 dan/atau dokumen terkait lain yang menyertai.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.

Pendahuluan

Ada banyak pilihan diperbolehkan ketika melakukan pengukuran spektral dan melakukan perhitungan kolorimetrik. Cara yang dipilih dapat menghasilkan nilai numerik yang berbeda untuk objek yang sama. Dengan demikian, tidak mungkin untuk membuat perbandingan yang valid kecuali data yang dibandingkan semua didasarkan pada set pengukuran dan perhitungan yang sama. Tujuan dari dokumen ini adalah untuk menentukan sejumlah pilihan untuk pengukuran dan perhitungan karakteristik kolorimetrik hasil cetak dan spesimen, seperti pola uji, untuk mendapatkan data yang valid dan dapat dibandingkan. Sementara dokumen ini mengacu ke ISO 3664, Standar Internasional yang ditetapkan untuk kondisi pengamatan dalam grafika dan fotografi, tidak diharapkan bahwa data pengukuran kolorimetrik akan memberikan korelasi pasti dengan tampilan warna visual.

Ketika revisi sebelumnya dari dokumen ini dimulai, teramati bahwa hampir semua spesimen grafika menampilkan efek fluoresensi. Pada umumnya hal ini disebabkan karena *optical brightening agent* (OBA) yang terkandung dalam substrat kertas. Dalam kasus yang jarang terjadi, tinta cetak yang ber-fluoresen. Versi 1996 dari dokumen ini merekomendasikan agar sumber cahaya yang digunakan (yaitu distribusi daya spektral dari pencahayaan spesimen) sangat mirip dengan iluminan D50 CIE. Namun pada saat revisi versi 2009 dimulai, tidak ada satupun alat ukur warna yang dijual di pasar grafika menggunakan sumber cahaya yang dimaksud. Kenyataannya sebagian besar instrumen menggunakan lampu pijar untuk sumber cahaya. Distribusi daya spektral lampu tersebut memiliki kandungan UV yang bervariasi. Variasi kandungan UV antar instrumen bisa dengan mudah menghasilkan perbedaan warna $5 \Delta b^*$ ketika mengukur substrat dengan kadar OBA tinggi. Akibatnya, hasil pengukuran untuk substrat kertas yang belum tercetak dan warna yang muda berbeda antar model instrumen yang berbeda. Untuk studi yang mendalam tentang efek fluoresensi, lihat CIE Publication 163.

Telah juga diamati bahwa bilik pengamatan grafika mempunyai kandungan UV yang bervariasi, bahkan untuk yang sudah sesuai dengan ISO 3664 versi 1996. Hasilnya menunjukkan bahwa spesimen yang memiliki nilai kolorimetrik yang hampir sama, ketika dilihat di bilik pengamatan tidak sesuai secara visual, dan sebaliknya. Hanya sebagian dari perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh fluoresensi. Ada juga kemungkinan efek metamerik karena pengamat berbeda atau kesalahan panjang gelombang instrumen, atau sumber cahaya yang menyimpang dari D50 CIE. Sekalipun ada masalah-masalah di atas, harus ada solusi pengukuran yang meminimalkan kesalahan sistematis yang diakibatkan oleh interaksi antara fluoresensi kertas dan variasi dalam distribusi daya spektral dari pencahayaan. Metode untuk koreksi kesalahan alat dan prosedur untuk mengevaluasi gambar secara visual di luar lingkup dokumen ini.

Dalam revisi 2009, ada empat pilihan pengukuran reflektif yang didefinisikan. Kondisi pengukuran M0 membutuhkan sumber pencahayaan yang sesuai dengan iluminan A; hal ini konsisten dengan instrumentasi yang ada dan ISO 5-3. Kondisi pengukuran M1 membutuhkan kolorimetrik dari pencahayaan spesimen yang sesuai dengan iluminan D50 CIE. Kondisi Pengukuran M2 hanya membutuhkan distribusi daya spektral dari pencahayaan dalam rentang panjang gelombang dari 400 nm sampai setidaknya 700 nm dan tidak memiliki kekuatan radiasi substansial dalam rentang panjang gelombang di bawah 400 nm (sering disebut sebagai "UVCut"). Kondisi pengukuran M3 memiliki persyaratan sampel pencahayaan sama seperti M2, ditambah dengan filter polarisasi untuk porsi influks dan efluks dari jalur optik dengan sumbu utama polarisasi pada orientasi ortogonal atau bersilangan. Untuk spesimen yang mengemisikan cahaya biru jika tereksitasi oleh UV, boleh menggunakan metode standar fluoresen virtual yang dilaporkan oleh Imura dari Konica Minolta^{[24] [25]} untuk menentukan faktor radians total untuk kondisi M0, M1 dan M2. Dalam revisi ini, Lampiran A telah direvisi menjadi

lebih sempit dengan toleransi spektral yang lebih realistis untuk bahan latar putih. Sifat dari bahan latar putih sangat penting untuk reproduksibilitas dari pengukuran cetakan kemasan pada film transparan atau *translucent*.

Akhirnya, sebagaimana rekomendasi CIE tentang penggunaan interval 5 nm untuk integrasi *tristimulus* praktis sejak revisi kedua dari CIE Publication 15 dan sebagaimana citra grafis bisa dikomposisikan dengan fungsi stimulus warna dengan transisi yang sangat sempit dari nilai yang rendah ke nilai yang tinggi, revisi ini merekomendasikan bahwa nilai-nilai *tristimulus* ditentukan berdasarkan data spektral yang dikumpulkan dengan interval 5 nm dan tapis lolos 5 nm. Karena banyak dari spektrofotometer yang digunakan sekarang dilengkapi dengan interval 10 nm dan tapis lolos 10 nm, pengukuran tersebut diperbolehkan dengan rekomendasi perhitungan *tristimulus* didahului dengan menerapkan koreksi tapis lolos terhadap data spektral sebagaimana ditentukan dalam ASTM E2729. Penggunaan instrumen dengan tapis lolos dan interval pengambilan sampel yang lebih lebar telah usang dengan pengecualian penggunaan instrumen non-standar untuk memantau bahan atau objek yang sudah dikarakterisasikan sebelumnya.

Persyaratan dokumen ini difokuskan pada peralatan pengukuran kolorimetrik yang dimaksudkan untuk digunakan dalam lingkungan grafika. Termasuk informasi bermanfaat tentang hal-hal seperti bahan latar substrat, pelaporan, standarisasi, standar dan pengukuran perbedaan warna yang lebih baik, fluoresensi dan cara-cara untuk meningkatkan keselarasan antar-instrumen. Ini akan berguna untuk penasihat teknis asosiasi grafika, lembaga penelitian grafika, dan praktisi yang berkepentingan dengan dasar-dasar pengukuran dan pengendalian proses.

Teknologi Grafika — Pengukuran spektral dan perhitungan kolorimetrik untuk citra grafis

1 Ruang lingkup

Dokumen ini menyatakan prosedur untuk pengukuran dan perhitungan kolorimetrik yang sesuai untuk benda-benda yang memantulkan, meneruskan dan memancarkan cahaya, seperti monitor panel datar. Dokumen ini juga menyatakan prosedur untuk perhitungan parameter kolorimetrik untuk citra grafis. Yang dimaksud dengan teknologi grafika sebagai proses untuk menghasilkan citra grafis adalah meliputi, tetapi tidak terbatas pada, persiapan bahan untuk produksi, proses cetak produksi yang mencakup litografi ofset, cetak tinggi, fleksografi, rotogravur, cetak saring dan cetak digital.

Dokumen ini tidak membahas pengukuran spektral yang sesuai dengan aplikasi spesifik lainnya, seperti yang digunakan untuk produksi bahan, misalnya, kertas cetak dan media *proofing*.

2 Acuan normatif

Dokumen berikut digunakan sebagai acuan dari dokumen ini. Untuk acuan bertanggal, hanya edisi yang disebutkan yang berlaku. Untuk acuan tidak bertanggal, berlaku edisi terakhir dari dokumen acuan tersebut (termasuk seluruh amandemennya).

ISO 5-2, *Photography and graphic technology — Density measurements — Part 2: Geometric conditions for transmittance density*

ISO 5-4:2009, *Photography and graphic technology — Density measurements — Part 4: Geometric conditions for reflection density*

ISO 3664, *Graphic technology and photography — Viewing conditions* ISO 11664-1, *Colorimetry — Part 1: CIE standard colorimetric observers* ISO 11664-3, *Colorimetry — Part 3: CIE tristimulus values*

ISO 11664-4, *Colorimetry — Part 4: CIE 1976 L*a*b* Colour space*

ISO 28178, *Graphic technology — Exchange format for colour and process control data using XML or ASCII text*

CIE Publication 15:2004, *Colorimetry, 3rd ed.*

CIE Publication 167:2005, *Recommended practice for tabulating spectral data for use in colour computations*

CIE Publication 176:2006, *Geometric Tolerances for Colour Measurements*

3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan dokumen ini, istilah dan definisi berikut ini berlaku.

ISO dan IEC memelihara database istilah untuk digunakan dalam standardisasi pada alamat berikut ini:

- *IEC Electropedia*: tersedia di <http://www.electropedia.org/>
- *ISO Online browsing platform*: tersedia di <http://www.iso.org/obp>

3.1

putih teradopsi

distribusi radian spektral seperti yang terlihat oleh alat pengambil gambar atau alat ukur dan diubah menjadi sinyal warna yang dianggap akromatik sempurna dan memiliki faktor pencahayaan pengamat adaptif yang bernilai satu, yaitu sinyal warna yang dianggap sesuai dengan pembaur putih yang sempurna

[SUMBER: ISO 22028-1]

3.2

bandwidth

lebar fungsi respon spektral instrumen, diukur antara titik setengah-daya, sering diistilahkan lebar penuh pada setengah maksimum (*full width at half maximum, FWHM*)

3.3

kalibrasi

seperangkat operasi yang menetapkan, di bawah kondisi tertentu, hubungan antara nilai-nilai dari kuantita yang ditunjukkan oleh alat ukur atau sistem pengukuran, atau nilai-nilai yang diwakili oleh bahan acuan, dan nilai-nilai yang sesuai dengan standar

CATATAN Bertentangan dengan penggunaan umum, kalibrasi bukanlah proses penyesuaian sistem pengukuran sehingga menghasilkan nilai-nilai yang diyakini benar. Kalibrasi memungkinkan pencocokan nilai dari objek ukur terhadap indikasi (membuat tabel acuan) atau keputusan untuk me-reset atau menyesuaikan perangkat. Setelah melakukan reset atau menyesuaikan perangkat, kalibrasi perlu diverifikasi untuk memastikan bahwa pengaturan perangkat baru memberikan nilai-nilai yang sesuai standar.

[SUMBER: ISO/IEC Guide 99 (VIM)]

3.4

iluminan CIE

iluminan (3.6) didefinisikan oleh International Commission on Illumination (CIE) dalam bentuk distribusi daya spektral relatif

[SUMBER: IEC 60050-845-03-12]

CONTOH iluminan A CIE, C CIE, dan berbagai iluminan D CIE.

3.5

perbedaan kromatik CIELAB

ΔC_h

perbedaan antara dua warna dengan kecerahan yang kira-kira sama diproyeksikan ke bidang kecerahan yang konstan dalam ruang warna CIELAB

CATATAN Ini dihitung sebagai $\Delta C_h = \sqrt{(CIE\ \alpha_1^* - CIE\ \alpha_2^*)^2 + (CIE\ b_1^* - CIE\ b_2^*)^2}$

3.6

iluminan

tabulasi numerik distribusi spektral relatif dari cahaya datang pada permukaan spesimen

CATATAN CIE mendefinisikan iluminan sebagai “radiasi dengan distribusi daya spektral relatif yang didefinisikan sepanjang rentang panjang gelombang yang mempengaruhi persepsi warna objek”. Dalam bahasa Inggris sehari-hari, istilah ini lebih banyak digunakan untuk memaknai setiap jenis cahaya apapun yang jatuh pada objek. Untuk informasi lebih lanjut lihat IEC 60050-845.

[SUMBER: IEC 60050-845-03-10]

3.7**kelegapan**

<dari substrat> ukuran dari properti yang mendeskripsikan kemampuan dari suatu spesimen untuk menyembunyikan permukaan bagian belakang dan yang bersentuhan dengannya

CATATAN Nilai numerik dari kelegapan yang digunakan dalam dokumen ini adalah 100 kali rasio dari faktor reflektans pencahayaan substrat dengan latar hitam (sebagaimana didefinisikan dalam A.2) terhadap faktor reflektans pencahayaan dengan latar putih (sebagaimana didefinisikan dalam A.3). Hal ini berbeda dengan pengukuran kelegapan yang digunakan oleh industri kertas yang didefinisikan dalam ISO 2471.

3.8**substrat legap**

substrat yang kelegapannya (3.7), diukur menurut A.3, adalah 0,99 atau lebih besar

3.9**substrat transparan**

bahan bening yang memiliki penyerapan minimal atau hamburan transmisi cahaya tampak

CATATAN film kemasan bening adalah contoh dari bahan jenis ini.

3.10**faktor reflektans**

rasio dari cahaya pantul pada arah yang ditentukan dibandingkan dengan cahaya pantul dari sumber cahaya yang sama pada pembaur putih sempurna

CATATAN 1 Industri umumnya menggunakan istilah reflektans, bukan faktor reflektans.

CATATAN 2 Sangat penting untuk menentukan geometri untuk kondisi pengukuran tertentu. Lihat Lampiran B.

[SUMBER: IEC 60050-845-04-64]

3.11**faktor radian**

<pada elemen permukaan media yang tidak memancarkan cahayanya sendiri, dalam arah tertentu, di bawah kondisi tertentu dari penyinaran> rasio cahaya dari elemen permukaan dalam arah yang tertentu dengan pemantulan sempurna atau dalam kasus transmisi cahaya yang tembus dibandingkan dengan cahaya yang tembus tanpa halangan dari sumber yang identik

CATATAN Untuk media pendar (*photoluminescent*), faktor pancaran berisi 2 komponen, faktor cahaya yang dipantulkan, β_R , dan faktor radian pendar, β_L . Jumlah keduanya menghasilkan faktor radian total, β_T : $\beta_T = \beta_R + \beta_L$. Subskrip R digunakan di sini untuk faktor radian yang dipantulkan karena lebih intuitif dibandingkan dengan S dan menghindari ambigu dengan penggunaan S untuk menunjukkan keadaan polarisasi.

[SUMBER: IEC 60050-845-04-68]

3.12**latar spesimen**

bahan yang ditempatkan di belakang dan bersentuhan dengan spesimen selama pengukuran

CATATAN Untuk dokumen ini dapat berupa latar putih atau hitam.

SNI ISO 13655:2017

3.13

spektrofotometer

instrumen untuk mengukur faktor reflektans spektral relatif (3.10) atau faktor transmitans (3.18) dari bahan di seluruh spektrum cahaya tampak untuk memperoleh besaran kolorimetrik

3.14

spektroradiometer

instrumen untuk mengukur besaran radiometrik dalam interval panjang gelombang yang sempit atas wilayah spektral yang diberikan

[SUMBER: IEC 60050-845-05-07]

3.15

standardisasi

proses penekanan atau penyesuaian dari sistem pengukuran untuk mendapatkan hasil yang sejalan dengan kalibrasi yang telah dilakukan sebelumnya (3.3) menggunakan spesimen yang homogen atau bahan acuan tersertifikasi (CRM)

CATATAN Seperti yang didefinisikan disini, standardisasi biasanya dilakukan oleh pengguna instrumen.

3.16

telespektrometri

spektroradiometer (3.14) yang menggunakan komponen *relay* optik untuk memungkinkan pengukuran dengan jarak tertentu dari spesimen

3.17

transmitans (untuk radiasi dengan komposisi spektral tertentu, polarisasi, dan distribusi geometrik)

rasio dari pemancar yang ditransmisikan atau fluks pencahayaan terhadap fluks datang (*incident flux*) pada kondisi tertentu

CATATAN Sangat penting untuk menetapkan geometri yang menjadi dasar kondisi pengukuran tertentu, misalnya, *rectilinear geometry* menghasilkan transmitans regular dan bola padu (*integrating sphere*) menghasilkan transmitans baur. Tetapi pembaur opal tidak menghasilkan pembacaan yang sama dengan geometri bola padu. Lihat Lampiran B.

[SUMBER: IEC 60050-845-04-59]

3.18

faktor transmitans

rasio fluks yang ditransmisikan oleh spesimen dalam sistem optik tertentu terhadap fluks yang ditransmisikan jika spesimen dilepaskan dari rana pengambilan sampel

CATATAN Sebagai contoh, dalam kasus ketika radiasi menembus *slide* yang berada pada proyektor dan mencapai layar, dibandingkan dengan radiasi ketika *slide* dilepas dari proyektor.

4 Persyaratan pengukuran spektral

4.1 Standardisasi instrumen dan penyesuaian

Sistem atau perangkat pengukuran harus diverifikasi (distandardisasi dan mungkin dilakukan penyesuaian) sesuai dengan instruksi pembuatnya. Lihat juga lampiran C dan D.

CATATAN 1 ISO 15790 mendefinisikan penggunaan CRM untuk memverifikasi sistem pengukuran. Hal ini juga memberikan informasi tambahan yang berkaitan dengan penggunaan CRM, penentuan gabungan ketidakpastian standar dan pelaporan data.

CATATAN 2 Jika beberapa instrumen digunakan untuk pengukuran, bisa ada perbedaan data yang dihasilkan karena karakteristik individual dari instrumen dan variasi dalam kondisi pengukuran. Lampiran C dan D memberikan informasi untuk peningkatan penyetaraan antar-instrumen dan penggunaan CRM.

4.2 Pengukuran faktor reflektans

4.2.1 Rentang panjang gelombang, interval panjang gelombang dan *bandwidth*

Data sebaiknya diukur dari 380 nm sampai 780 nm dan harus diukur dari 400 nm sampai 700 nm, inklusif. Data sebaiknya diukur pada interval 5 nm dengan fungsi respon spektral segitiga dengan *bandwidth* 5 nm pada titik setengah daya, sebagaimana yang ditentukan dalam ISO 11664-3. Jika pengukuran dilakukan pada interval dan *bandwidth* yang berbeda, interval sampling dan *bandwidth* tidak boleh melebihi 10 nm. Jika sifat spektral dari spesimen sudah diketahui, kesesuaian terhadap persyaratan proses boleh dinilai dengan menggunakan pengambilan sampel 20 nm. Data pengukuran yang diambil pada interval lebih dari 10 nm harus dikonversi ke 10 nm menggunakan salah satu metode interpolasi yang direkomendasikan di CIE Publication 167:2005. Jika data pengukuran dikumpulkan pada *bandwidth* dan interval kurang dari 5 nm, boleh diperlebar menggunakan metode pada Lampiran E.

4.2.2 Persyaratan pencahayaan dan kondisi pengukuran

4.2.2.1 Kondisi pengukuran M0

Secara historis, banyak spektrofotometer digunakan dalam grafika telah menggunakan lampu pijar dengan distribusi daya spektral relatif yang dekat dengan iluminan A standar CIE, seperti yang didefinisikan dalam ISO 11664-2. Iluminan ini secara historis diperlukan untuk mengukur densitas. M0 disediakan untuk memungkinkan identifikasi data yang diukur dengan menggunakan instrumentasi yang ada atau instrumentasi yang dioptimalkan untuk pengukuran densitas fotografi (lihat ISO 5-3).

Distribusi daya spektral relatif dari fluks datang pada permukaan spesimen harus sesuai dengan iluminan A CIE (sesuai dengan lampu pijar dengan temperatur warna 2.856 K). Syarat ini dapat dicapai dengan menggunakan sumber cahaya apapun yang memiliki semua panjang gelombang dalam kisaran spektral dari 400 nm sampai 700 nm.

Karena spesifikasi yang terkait dengan temperatur warna tidak mendefinisikan UV, kandungan UV tidak dikendalikan dalam M0, dan karena itu dianjurkan menggunakan M1 jika dimaksudkan untuk melibatkan fluoresensi. Ketika instrumen sesuai M1 tidak tersedia dan data yang diperoleh cukup untuk melakukan pengendalian proses atau untuk aplikasi pertukaran data lainnya, maka instrumen M0 boleh digunakan.

4.2.2.2 Kondisi pengukuran M1

Untuk meminimalkan variasi dari hasil pengukuran antara instrumen karena adanya fluoresensi (oleh OBA dalam substrat dan/atau fluoresensi dari pencetakan dan/atau pewarna *proofing*), distribusi daya spektral dari cahaya datang pada permukaan spesimen untuk pengukuran harus sesuai iluminan D50 CIE.

CATATAN 1 Karena ISO 3664 juga menetapkan penggunaan D50, hal ini akan meningkatkan konsistensi antara hasil pengukuran yang dilakukan pada kondisi M1 dan penilaian visual dalam bilik pengamatan yang memenuhi persyaratan ISO 3664.

CATATAN 2 Untuk pengujian bahan sebagaimana didefinisikan dalam ISO 5631-3, kandungan UV dari pencahayaan pada benda uji telah disesuaikan agar sesuai dengan iluminan C CIE. Oleh karena itu, pengukuran sesuai dengan ISO 5631-3 mungkin tidak kompatibel dengan pengukuran seperti dijelaskan dalam dokumen ini.

Ada dua metode untuk mencapai kesesuaian dengan kondisi M1.

- a) Distribusi daya spektral dari sumber cahaya pada bidang sampel harus sesuai dengan iluminan D50 CIE. Hal ini harus sesuai dengan persyaratan untuk kondisi pengamatan P1 dari ISO 3664. Metode ini harus digunakan jika terdapat pewarna berpendar dan OBA. Produsen alat harus menyediakan distribusi daya spektral yang representatif dari sumber cahaya pengukuran pada bidang sampel dalam dokumentasi instrumen.
- b) Penyesuaian distribusi daya spektral dari lampu pengukuran dalam kisaran 400 nm sampai 700 nm pada bidang sampel tidak diperlukan jika metode kompensasi digunakan dengan penyesuaian terkendali dari daya radian dalam wilayah spectral UV di bawah 400 nm^[24] ^[25]. Hal ini dapat dilakukan dengan penyesuaian aktif dari daya relatif dalam kisaran ini berkaitan dengan standar dikalibrasi untuk D50. Kompensasi ini bertujuan hanya untuk memperbaiki efek fluoresensi OBA pada substrat. Distribusi daya spektral dalam kisaran 400 nm sampai 700 nm harus memuat daya radian di semua panjang gelombang dalam kisaran ini.

Perlu dicatat bahwa untuk evaluasi yang tepat dari substrat dengan OBA, dianggap penting rasio daya di wilayah antara 300 nm dan 400 nm dengan daya di wilayah antara 400 nm sampai 500 nm sangat mirip dengan rasio D50 di wilayah yang sama.

Kesesuaian kondisi pengukuran M1 seharusnya dinilai secara tidak langsung dengan mengukur satu set CRM (lihat Lampiran D) yang mencakup bahan spesimen dengan OBA konsentrasi tinggi dimana perbedaan CIE b^* diukur dengan dan tanpa UV pada bahan spesimen lebih besar dari 3. Jika nilai-nilai yang ditunjukkan, termasuk ketidakpastian gabungan, berada dalam toleransi yang ditentukan oleh CRM, dan dokumentasi yang diperlukan tersedia, maka instrumen tersebut dianggap sesuai dengan dokumen ini.

CATATAN 3 Lampiran F memberikan informasi tentang fluoresensi dan teknik untuk menguji keberadaannya.

CATATAN 4 Jika tinta cetak berpendar dan data yang diperlukan adalah data kolorimetrik yang akurat, kondisi pengukuran M1, maka Metode 1 adalah satu-satunya pilihan. Namun, dalam banyak situasi, instrumen yang sesuai dengan Metode 1 tidak tersedia tetapi data cukup untuk pengendalian proses atau aplikasi pertukaran data lainnya. Dalam situasi seperti ini, perbandingan data dari instrumen yang berbeda boleh digunakan.

4.2.2.3 Kondisi pengukuran M2

Untuk mengecualikan variasi hasil pengukuran antara instrumen karena OBA di permukaan substrat, distribusi daya spektral dari sumber cahaya pengukuran pada bidang sampel hanya memuat kekuatan radiasi substansial dalam rentang panjang gelombang di atas 400 nm. Hal ini dapat dicapai melalui desain yang tepat dari sumber cahaya atau melalui penambahan filter antara sumber cahaya dan spesimen.

Fluoresensi tampak dari OBA di kertas biasanya muncul dalam rentang UV dari 300 nm hingga 410 nm. Untuk menghilangkan sepenuhnya setiap eksitasi fluoresensi OBA, *cut-off* optimum untuk komponen UV pada panjang gelombang 420 nm. Namun, juga diharapkan untuk mengukur faktor reflektansi pada 400 nm dan 410 nm. Oleh karena itu, untuk setiap jenis instrumen, penyetelan yang optimal harus ditemukan untuk mengeliminasi eksitasi fluoresensi yang tersisa atau melakukan penyetelan rasio sinyal terhadap *noise*.

CATATAN 1 Untuk spektrofotometer umum dengan sumber cahaya tungsten, filter UV-*cut* yang digunakan memiliki karakteristik transmitans sebagai berikut:

- lebih besar dari 0,85 dalam rentang cahaya tampak di atas 420 nm;
- kurang dari 0,50 pada 410 nm;
- kurang dari 0,10 pada 400 nm;
- kurang dari 0,01 pada 395 nm.

Eliminasi yang tepat porsi UV dari distribusi daya spektral fluks pada bidang sampel harus diverifikasi menggunakan prosedur uji pada Lampiran G.

Untuk kondisi pengukuran M2, sumber cahaya tidak ditetapkan secara eksplisit. Namun, harus menyediakan daya radiasi pada semua panjang gelombang dalam rentang 420 nm sampai dengan setidaknya 700 nm. Kekuatan radiasi di setiap interval panjang gelombang harus cukup tinggi, untuk memungkinkan kalibrasi yang tepat dan keterulangan pengukuran sesuai dengan spesifikasi instrumen.

Utilitas data M2 dapat ditentukan dengan terlebih dahulu mempertimbangkan apakah substrat dari sampel yang akan diukur mengandung OBA. Jika tidak, kondisi pengukuran M0, M1 dan M2 idealnya akan menghasilkan hasil yang sama. Dalam hal ini, perbedaan utama akan terjadi karena perbedaan spesifik dalam instrumen.

CATATAN 2 Lampiran F memberikan informasi tentang fluoresensi dan teknik untuk menguji keberadaannya.

4.2.2.4 Kondisi pengukuran M3

Untuk digunakan pada kasus-kasus khusus seperti yang diuraikan dalam Lampiran H, instrumen dapat dilengkapi dengan filter polarisasi untuk mengurangi pengaruh refleksi permukaan pertama pada koordinat warna. Instrumen yang dilengkapi dengan filter polarisasi juga harus memenuhi persyaratan 4.2.2.3. Menggunakan metode tes ISO 5-4:2009, Lampiran H, sebagaimana telah diubah di bawah ini, faktor supresi kilap harus ditentukan untuk X CIE, Y CIE, Z CIE; tidak boleh lebih rendah dari 50.

Bila menggunakan metode uji ISO 5-4 untuk mengevaluasi instrumen yang menampilkan koordinat warna, ganti “nilai terukur mencapai maksimum” dengan “densitas refleksi mencapai minimum”. Rumus (1) menjadi:

$$P = \frac{X_2}{X_1} \quad (1)$$

Keterangan :

P adalah faktor supresi kilap;

X_1 adalah nilai diukur tanpa filter polarisasi;

X_2 adalah nilai terukur dengan filter polarisasi.

Faktor supresi kilap dihitung dengan cara yang sama untuk Y CIE dan Z CIE.

Untuk geometri pengukuran uniplanar dan direksional, yang tidak dijelaskan dalam dokumen ini, vektor polarisasi dari pencahayaan dan pengukuran kanal harus sejajar atau tegak lurus terhadap bidang frontal benda uji.

4.2.3 Bahan latar sampel

Spesimen harus diberi latar hitam atau putih yang sesuai dengan A.2 atau A.3. Apabila sampel transparan diukur dengan mode refleksi, harus menggunakan latar putih dan metode yang diuraikan dalam A.5 dapat digunakan untuk memperbaiki pengukuran tersebut terhadap acuan mutlak.

CATATAN Panduan pilihan bahan latar yang digunakan sesuai dengan seri standar ISO 12647 untuk pengendalian proses.

4.2.4 Geometri pengukuran

Geometri pengukuran harus ($45^\circ:0^\circ$) atau ($0^\circ:45^\circ$), anular atau melingkar (lihat Lampiran B). Hal ini juga harus sesuai dengan kondisi geometrik yang didefinisikan dalam CIE Publication 176:2006 dan area pencahayaan dan penerima harus lebih besar setidaknya 0,5 mm dari rana pengamatan. Pada saat pengukuran, sampel harus berada pada permukaan yang datar. Dasar instrumen dan permukaan sampel harus terletak pada bidang yang sama.

CATATAN 1 Untuk sudut dan nomenklatur geometri, lihat B.1.1.

CATATAN 2 Penggunaan geometri ($45^\circ:0^\circ$) atau ($0^\circ:45^\circ$) tidak selalu cukup menjawab variasi semua karakteristik permukaan. Instrumentasi lainnya dapat digunakan untuk mendeteksi karakteristik tertentu seperti efek reflektansi permukaan.

CATATAN 3 Lampiran B memberikan informasi lebih lanjut tentang ukuran rana minimum.

4.2.5 Pelaporan data

Faktor reflektans harus dilaporkan dengan pendekatan sampai 0,001 relatif terhadap pembaur reflektif sempurna yang memiliki faktor reflektans 1,000 di semua panjang gelombang. Data ini harus dilaporkan baik sebagai faktor reflektans atau persentase faktor reflektans (yaitu faktor reflektans dikalikan dengan 100). Jika data akan digunakan untuk perhitungan lebih lanjut, maka untuk meminimalkan akumulasi kesalahan pembulatan, harus dilakukan dengan presisi penuh. Karakteristik tapis lolos data harus dilaporkan, termasuk fungsi bentuk (segitiga, trapesium, dan lain-lain) dan *bandwidth* (FWHM). Lihat Lampiran L untuk informasi tentang dampak tapis lolos pada perhitungan nilai spektral. Untuk substrat spesimen tidak legap, data CIEXYZ untuk substrat belum tercetak yang diukur di atas latar putih harus dilaporkan. Disarankan substrat yang belum tercetak dengan latar hitam juga dilaporkan, sehingga konversi putih/hitam, seperti yang dijelaskan dalam Lampiran A, dapat dilakukan jika diperlukan. Lihat juga Pasal 6.

4.3 Pengukuran faktor transmitans

4.3.1 Rentang panjang gelombang, interval panjang gelombang dan *bandwidth*

Data sebaiknya diukur dari 380 nm sampai 780 nm dan harus diukur dari 400 nm sampai 700 nm, inklusif. Seperti yang ditunjukkan di atas, data harus diukur pada interval 5 nm dengan fungsi respon spektral yang segitiga dengan *bandwidth* 5 nm pada titik setengah daya, sebagaimana ditentukan dalam ISO 11664-3. Ketika data yang tidak diketahui diukur pada interval dan *bandwidth* lain, interval sampling dan *bandwidth* tidak diperbolehkan melebihi 10 nm. Untuk aplikasi di mana sifat-sifat spektral dari spesimen yang mapan, kesesuaian untuk memproses persyaratan dapat diukur dengan menggunakan sampling 20 nm. Data perkiraan dari pembacaan tapis lolos lebar harus dilaporkan pada interval 10 nm. Bilamana data pengukuran dikumpulkan pada interval kurang dari 5 nm, boleh diperlebar menjadi 5 nm menggunakan metode Lampiran I.

4.3.2 Geometri pengukuran

Geometri pengukuran harus normal:baur (0:d) atau baur:normal (d:0), menggunakan bola padu. Jika digunakan, harus sesuai dengan kondisi geometrik didefinisikan dalam CIE Publication 176:2006. Sebagai alternatif, optik influks sesuai dengan ISO 5-2 juga dapat digunakan hanya untuk perbandingan.

CATATAN Untuk informasi lebih lanjut, lihat B.2.

4.3.3 Persyaratan pencahayaan dan kondisi pengukuran

4.3.3.1 Kondisi pengukuran M0

Bahan tembus cahaya, bening atau baur, sebagai pembawa citra jarang menggunakan aditif atau pewarna fluoresen. Jadi secara umum, pembacaan transmitans dan faktor transmitans diukur menggunakan kondisi pengukuran M0.

Distribusi daya spektral relatif dari fluks datang pada permukaan spesimen harus sesuai dengan iluminan A CIE (sesuai dengan sumber cahaya pijar dengan temperatur cahaya 2.856 K). Dalam prakteknya, hal ini dapat dicapai dengan menggunakan sumber cahaya yang memancarkan daya pada semua panjang gelombang dalam rentang spektral dari 400 nm sampai 700 nm.

Karena spesifikasi temperatur warna terkait tidak mendefinisikan UV, nilai UV tidak dikendalikan di bawah M0, dan karena itu dianjurkan menggunakan M1 jika ada kebutuhan untuk pertukaran data hasil pengukuran objek yang berpendar. Untuk informasi lebih lanjut, lihat 4.2.2.1.

4.3.3.2 Kondisi pengukuran M1

Ada beberapa contoh penggunaan reproduksi grafis, terutama dalam *digital printing* format besar, dimana substrat adalah kain dan benang yang telah melalui proses penambahan OBA untuk menghasilkan tampilan yang lebih putih, dengan citra grafis dicetak di atasnya. Cetakan ini terutama digunakan sebagai papan petunjuk *back-lit*. Sementara transmitans dari bahan *translucent* tersebut tidak didefinisikan dengan baik atau pengukuran dengan geometri yang distandarkan, dianjurkan bahwa bahan tersebut harus dikarakterisasi menggunakan kondisi M1, kondisi acuan di mana OBA secara konsisten teraktivasi relatif terhadap penyerapan cahaya oleh pewarna.

4.3.4 Pelaporan data dan ketelitian

Faktor transmitans harus dilaporkan dengan pendekatan sampai 0,0001 relatif terhadap pembaur transmisi yang sempurna yang memiliki faktor transmitans 10.000 pada semua panjang gelombang. Data ini dapat dilaporkan baik sebagai nilai desimal atau persentase. Jika data akan digunakan untuk perhitungan lebih lanjut, maka untuk meminimalkan akumulasi kesalahan pembulatan, harus dilakukan dengan presisi penuh. Karakteristik tapis lolos data harus dilaporkan, termasuk fungsi bentuk (segitiga, trapesium, dan lain-lain) dan *bandwidth* (FWHM). Lihat Lampiran L untuk informasi tentang dampak tapis lolos pada perhitungan nilai spektral. Fakta penggunaan kaca oval atau geometri bahan pembaur datar yang lainnya juga harus dilaporkan. Lihat juga Pasal 6.

CATATAN Geometri opal dibahas dalam ISO 5-2.

4.4 Pengukuran layar monitor (pancaran spektral)

4.4.1 Rentang panjang gelombang, interval panjang gelombang dan *bandwidth*

Data sebaiknya diukur dari 380 nm sampai 780 nm dan harus diukur dari 400 nm sampai 720 nm, inklusif. Monitor modern yang menggunakan cahaya belakang yang memiliki lonjakan radiasi di atas 700 nm, mengabaikan lonjakan tersebut akan mengakibatkan kesalahan signifikan dalam kromatisitas yang diukur. Data harus diukur pada interval 5 nm dengan fungsi respon spektral yang segitiga dengan *bandwidth* titik setengah daya sama dengan interval pengukuran. Data harus diukur pada interval 10 nm dimana fungsi respon spektral adalah segitiga dengan *bandwidth* 10 nm pada titik setengah daya. Data diambil pada interval 10 nm

harus diperbaiki untuk tapis lolos sesuai ASTM E2729 ^[18]. Interval sampling atau *bandwidth* yang lebih lebar tidak sesuai untuk pengukuran monitor modern.

4.4.2 Geometri pengukuran

4.4.2.1 Umum

Data spektral dapat diukur baik dengan spektroradiometer yang menempel dengan permukaan layar atau telespektoradiometer yang ditempatkan pada posisi pengamatan tertentu. Pengukuran harus dilakukan dalam arah normal terhadap permukaan layar. Area yang diukur untuk masing-masing sampel harus memiliki diameter tidak kurang dari 4 mm dan harus berisi sedikitnya 150 piksel.

Untuk pengukuran yang dilakukan dengan spektroradiometer atau telespektoradiometer, kerucut penginderaan, yaitu wilayah sudut yang terindera oleh penerima, tidak boleh lebih dari setengah sudut $5,0^\circ$ dan sebaiknya tidak lebih dari setengah sudut $2,5^\circ$.

4.4.2.2 Posisi pengamat

Pengukuran ini khusus untuk kondisi pengamatan. Umumnya, cahaya sekitar harus sesuai ISO 3664. Namun, apabila cahaya sekitar sudah diketahui, diharapkan untuk melakukan pengukuran dengan pencahayaan ini. Tingkat pencahayaan dan kromatisitas dari cahaya sekitar, yang diukur pada permukaan layar, harus dilaporkan. Perlu diperhatikan agar refleksi cahaya sekitar tidak mengganggu. Refleksi spekulat harus dihindari.

4.4.2.3 Kontak

Pengukuran ini sebaiknya dilakukan dalam ruangan yang gelap, atau dapat juga dilakukan dengan menyelubungi layar dan alat ukur. Perlu diperhatikan agar radiasi yang diukur hanya dari daerah sampel.

Pengukuran kontak hanya digunakan untuk mengkarakterisasi layar monitor; tidak terpengaruh oleh cahaya sekitar. Jika pengukuran kontak dilakukan tetapi pengukuran posisi pengamat juga diinginkan, perlu penambahan *veiling glare* yang akan diamati oleh pengamat untuk memperoleh pengukuran yang setara dengan yang diperoleh dari posisi pengamat.

4.4.3 Polarisasi

Pengukuran harus bebas dari efek polarisasi ketika pengukuran dilakukan:

Putarkan instrumen pada permukaan layar. Titik data yang dihasilkan dalam koordinat kromatisitas xy CIE harus masuk ke dalam lingkaran dengan radius 0,002. Penyimpangan luminans dari setiap pengukuran tidak boleh lebih dari 1 % dari luminans rata-rata.

4.4.4 Pelaporan data dan ketelitian

Efluks yang diukur dari permukaan monitor dengan penginderaan kerucut sudut kecil sesuai dengan radian spektral. Nilai radian dari spektrum harus dilaporkan dalam satuan $W/(m^2/sr/nm)$ pada interval yang seragam yaitu 1 nm, 5 nm atau 10 nm sepanjang rentang panjang gelombang yang ditentukan. Jika data akan digunakan untuk perhitungan lebih lanjut, maka untuk meminimalkan akumulasi kesalahan pembulatan, harus dilakukan dengan presisi penuh. Karakteristik tapis lolos data harus dilaporkan, termasuk fungsi bentuk (segitiga, trapesium, dan lain-lain) dan *bandwidth* (FWHM). Lihat Lampiran L untuk informasi tentang dampak tapis lolos pada perhitungan nilai spektral. Nilai-nilai yang diturunkan dari spektrum

radians menurut 5.2, seperti X CIE, Y CIE dan Z CIE atau x CIE, y CIE dan L CIE, dapat dilaporkan. Pencahayaan L CIE harus dilaporkan dalam cd/m^2 . Lihat juga Pasal 6.

Ketidakpastian dari instrumen harus didefinisikan untuk pengukuran koordinat kromatisitas dari putih layar tertentu sesuai dengan ISO 3664 (keterulangan jangka pendek, 75 cd/m^2 , D65). Ketidakpastian koordinat kromatisitas xy CIE dalam kondisi ini harus berada dalam radius $< 0,002$. Penyimpangan luminans setiap pengukuran tidak boleh lebih dari 1 % dari luminans rata-rata. Lihat juga Pasal 6.

5 Persyaratan perhitungan kolorimetrik

5.1 Perhitungan nilai tristimulus untuk sampel reflektif dan transparan

5.1.1 Umum

Nilai tristimulus harus dihitung sesuai dengan prosedur ISO 11664-3, standar berdasarkan rekomendasi yang sudah lama dalam CIE Publication 15 mengenai kolorimetri. Untuk memberikan konsistensi dengan kondisi pengamatan grafika, seperti didefinisikan dalam ISO 3664, nilai tristimulus terhitung harus berdasarkan pada iluminan D50 CIE dan standar pengamat kolorimetrik CIE 1931 (sering dirujuk sebagai pengamat standar 2°), seperti yang didefinisikan dalam ISO 11664-1. Untuk data yang diambil pada 5 nm, CIE Publication 15 memuat tabel fungsi untuk interval 5 nm dari iluminan D50 dan pengamat 2° . Lampiran I menyediakan latar belakang lebih lanjut dan contoh perhitungan.

Faktor bobot, mewakili hasil perkalian dari iluminan D50 CIE dan pengamat standar 2° , yang digunakan untuk pembobotan data reflektansi dan transmitansi spektral yang dikumpulkan pada interval dan *bandwidth* 10 nm, seperti yang terdapat dalam tabel I.2 yang diambil dengan izin dari ASTM E 308-13. Bobot pada tabel ASTM menginterpolasi data 10 nm untuk menjadi interval 1 nm.

CATATAN 1 CIE merekomendasikan (ISO 11664-3) bahwa metode standar penghitungan nilai tristimulus (X CIE, Y CIE dan Z CIE) menggunakan interval 1 nm. Namun, standar yang sama juga mencatat bahwa, dalam beberapa kasus, metode standar tidak dapat digunakan karena fungsi stimulus warna atau fungsi stimulus warna relatif tidak tersedia dalam rentan 360 nm sampai 830 nm dalam interval 1 nm. Jika ditunjukkan bahwa kesalahan yang dihasilkan tidak signifikan untuk pengguna, nilai tristimulus dapat dihitung dengan penjumlahan numerik dari 380 nm sampai 780 nm pada interval panjang gelombang, $\Delta\lambda$, sama dengan 5 nm menggunakan fungsi pencocokan warna $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ didefinisikan dalam ISO 11664-1. Dokumen ini tidak merekomendasikan interval pengambilan sampel dan *bandwidth* yang lebih luas.

CATATAN 2 Pengamat standar 2° lebih disukai daripada pengamat standar 10° , karena lebih dekat dan sesuai dengan kondisi detail citra diatas bahan tercetak yang sedang diamati. Ketika menilai area warna solid yang rata dan luas, seperti dalam pencetakan kemasan, pengamat standar 10° diketahui memberikan korelasi yang lebih baik untuk evaluasi visual.

CATATAN 3 Bobot yang diberikan dalam tabel I.2 adalah diambil dari Tabel 5.9 ASTM E308-13, dan idealnya dimaksudkan untuk digunakan dengan data 10 nm yang telah terkoreksi untuk memiliki lebar setengah daya 1 nm.

CATATAN 4 Penambahan nilai bobot 380 nm sampai 780 nm di tabel I.2 tidak memberikan jumlah yang sama dengan nilai untuk X_n , Y_n dan Z_n . Hal ini karena penulis ASTM E 308-13 menghitung X_n , Y_n dan Z_n menggunakan tabel standar CIE untuk menghasilkan presisi lebih besar dari bobot interpolasi yang diberikan oleh penjumlahan dari nilai tabel. *Checksum* di tabel I.2 disediakan untuk validasi data transkripsi.

5.1.2 Perhitungan dengan data yang memiliki interval dan *bandwidth* 5 nm

Untuk interval sampling standar 5 nm, nilai-nilai tristimulus harus dihitung sesuai dengan prosedur numerik yang dijelaskan dalam ISO 11664-3 dan tersajikan dalam I.2. Tabel nilai

untuk iluminan D50 dan fungsi pengamat 2° pada interval 5 nm tersedia di CIE Publication 15. Tabel I.1 memuat sampel data faktor reflektansi pada 5 nm disertai dengan hasil perhitungan *tristimulus* menggunakan prosedur ini.

5.1.3 Perhitungan dengan data yang memiliki interval dan *bandwidth* 10 nm

Untuk interval dan *bandwidth* 10 nm, data sebaiknya lebih dulu dikoreksi untuk tapis lolos menggunakan metode dalam ASTM E2729^[18]. Nilai *tristimulus* harus dihitung dengan menggunakan prosedur numerik dalam I.3, yang diambil dari ASTM E308-13, dengan faktor bobot spektral seperti di tabel I.2. Tabel I.3 berisi sampel data reflektansi pada 10 nm disertai dengan hasil perhitungan *tristimulus* menggunakan prosedur ini.

CATATAN Bobot yang diberikan dalam Tabel I.2 diambil dengan izin dari ASTM E308-13, Tabel 5.9 dan dimaksudkan untuk digunakan dengan data 10 nm terkoreksi untuk tapis lolos dengan metode yang tersedia, seperti ASTM E2729^[18], sebagaimana ditentukan dalam ISO 11664-3.

5.1.4 Perhitungan untuk data dengan interval dan *bandwidth* lainnya

Untuk interval dan *bandwidth* kurang dari 5 nm, data sebaiknya dikonversi ke interval 5 nm menggunakan prosedur di Lampiran E. Prosedur dalam 5.1.2 harus digunakan untuk menghitung nilai *tristimulus*.

Untuk interval dan *bandwidth* yang lebih besar dari 5 nm dan kurang dari 10 nm, data sebaiknya dikonversi ke interval 5 nm menggunakan salah satu metode interpolasi di CIE Publication 167. Prosedur di 5.1.2 digunakan untuk menghitung nilai *tristimulus*.

Untuk interval dan *bandwidth* yang lebih besar dari 10 nm sampai dengan 20 nm, data sebaiknya lebih dulu dikoreksi untuk tapis lolos menggunakan prosedur di ASTM E2729^[18]. Data sebaiknya dikonversi ke interval 10 nm menggunakan salah satu metode interpolasi di CIE Publication 167. Nilai *tristimulus* harus dihitung menggunakan prosedur numerik yang ditampilkan di I.3, yang diambil dari ASTM E308-13, dengan faktor bobot spektral di tabel I.2.

5.2 Perhitungan nilai *tristimulus* untuk layar monitor

Nilai *tristimulus* diperoleh dengan penjumlahan diskrit produk berikut:

$$X = K_m \cdot \sum_{380}^{780} S_n(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda \tag{2}$$

$$Y = K_m \cdot \sum_{380}^{780} S_n(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda \tag{3}$$

$$Z = K_m \cdot \sum_{380}^{780} S_n(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda \tag{4}$$

Keterangan :

- λ adalah panjang gelombang, dalam nanometer (nm);
- $S_n(\lambda)$ adalah distribusi daya spektral yang diukur dalam $W/(m^2/sr/nm)$;
- $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ adalah fungsi pencocokan warna pengamat kolorimetrik standar CIE 1931 (lihat ISO 11664-1);
- $\Delta\lambda$ adalah interval sampling panjang gelombang, sesuai dengan *bandwidth* instrumen atau *bandwidth* yang disesuaikan;

K_m adalah efikasi pencahayaan spektral maksimum dari radiasi dalam sistem standar CIE tentang fotometri fisik dan nilainya adalah 683 lm/W.

Jika *bandwidth* dan interval panjang gelombang dari data yang tersedia adalah 1 nm, fungsi pencocokan warna terkait dalam ISO 11664-1 dengan data pada interval 1 nm harus digunakan untuk dimasukkan ke dalam Rumus (2) sampai (4). Jika pembacaan diperoleh dengan *bandwidth* dan interval *sampling* 5 nm, maka fungsi pencocokan warna dalam ISO 11664-1 harus diekstrak setiap titik kelima. Nilai pada interval 5 nm ini sama persis dengan nilai yang didapat dalam tabel 5 nm di CIE 15 untuk pengamat kolorimetrik standar 1931.

Jika data yang tersedia hanya pada *bandwidth* dan interval selain 1 nm atau 5 nm, maka nilai dari spektrum radian untuk interval 5 nm harus dihitung dari nilai pengukuran menggunakan salah satu langkah berikut.

- Jika data yang tersedia pada *bandwidth* dan interval panjang gelombang lebih besar dari 1 nm tapi kurang dari 5 nm, nilai dari spektrum radian pada interval 5 nm harus dihitung dari nilai pengukuran menggunakan metode Lampiran E.
- Jika data yang tersedia pada *bandwidth* dan interval panjang gelombang lebih besar dari 5 nm tapi kurang dari atau sama dengan 10 nm, interpolasi data harus dilakukan untuk mendapatkan nilai spektrum radian pada interval 5 nm dengan menggunakan salah satu prosedur interpolasi dari CIE Publication 167:2005.

nilai-nilai relatif X_r , Y_r dan Z_r harus diperoleh seperti yang ditunjukkan pada Rumus (5) sampai Rumus (7):

$$X_r = 100 X/Y_w \quad (5)$$

$$Y_r = 100 Y/Y_w \quad (6)$$

$$Z_r = 100 Z/Y_w \quad (7)$$

Keterangan :

X_r , Y_r , dan Z_r adalah nilai-nilai relatif terhadap putih teradopsi;
 Y_w adalah nilai Y dari putih teradopsi.

X_r , Y_r dan Z_r adalah nilai-nilai area terukur relatif terhadap putih teradopsi. Dalam banyak kasus, putih teradopsi akan dipilih untuk menjadi titik putih layar; namun, dalam beberapa kasus, putih teradopsi dipilih pada luminan lebih rendah atau lebih tinggi. Sebagai contoh, jika layar yang digunakan untuk pemeriksaan *soft proofing*, tampilan titik putih layar mungkin diatur agar sesuai dengan putih kertas, dalam hal ini nilai CIE Y putih teradopsi akan lebih tinggi dibandingkan dengan titik putih layar. Dalam kasus layar dengan *high dynamic range*, nilai CIE Y putih teradopsi mungkin dipilih jauh lebih rendah dibandingkan dengan titik putih layar, agar warna putih tersebut dapat direproduksi pada layar.

Dari nilai *tristimulus* CIE 1931, koordinat kromatisitas x , y dan koordinat kromatisitas seragam u' , v' CIE 1976 harus dihitung dengan menggunakan Rumus (8) sampai Rumus (11).

$$x = X / (X+Y+Z) \quad (8)$$

$$y = Y / (X+Y+Z) \quad (9)$$

$$u' = 4x / (-2x+12y+3) \quad (10)$$

$$v' = 9y / (-2x+12y+3) \quad (11)$$

5.3 Ruang warna CIE 1976 (L*a*b*); ruang warna CIELAB

5.3.1 Umum

Penting untuk dicatat bahwa masalah ruang warna visual yang seragam dan perhitungan perbedaan warna adalah subjek aktivitas yang signifikan dalam CIE dan organisasi terkait. Subjek ini banyak diaplikasikan untuk mengevaluasi tekstil dengan iluminan D65. Namun, secara analogi pekerjaan ini dapat diekstrapolasi untuk diterapkan pada cetakan dengan iluminan D50. Pembaca didorong mengikuti spesifikasi CIE tentang perkembangan saat ini baik untuk keseragaman ruang warna dan perhitungan perbedaan warna. Saat ini, untuk aplikasi grafika, ruang warna CIELAB dan kaitannya dengan perhitungan perbedaan warna sudah memadai. Untuk perhitungan perbedaan warna CIELAB, rumus di Lampiran J harus digunakan. Sesuai dengan ISO 11664-4, nilai CIELAB harus dihitung dengan menggunakan rumus yang diberikan di 5.3.2, 5.3.3, dan 5.3.4.

Jika nilai CIELAB untuk monitor dengan pencahayaan mandiri akan dibandingkan dengan nilai CIELAB bahan reflektif atau transparan yang ditentukan sesuai dengan dokumen ini, maka putih teradopsi layar perlu diatur ke D50.

5.3.2 Rumus ruang warna CIELAB

Rumus ruang warna CIELAB diberikan dalam Rumus (12) sampai Rumus (20).

$$L^* = 116 [f(Y/Y_n)] - 16 \tag{12}$$

$$a^* = 500 [f(X/X_n) - f(Y/Y_n)] \tag{13}$$

$$b^* = 200 [f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)] \tag{14}$$

Dimana

$$f(X/X_n) = (X/X_n)^{1/3} \quad \text{jika} \quad X/X_n > (6/29)^3 \tag{15}$$

$$f(X/X_n) = (841/108) (X/X_n) + 4/29 \quad \text{jika} \quad X/X_n \leq (6/29)^3 \tag{16}$$

dan

$$f(Y/Y_n) = (Y/Y_n)^{1/3} \quad \text{jika} \quad Y/Y_n > (6/29)^3 \tag{17}$$

$$f(Y/Y_n) = (841/108) (Y/Y_n) + 4/29 \quad \text{jika} \quad Y/Y_n \leq (6/29)^3 \tag{18}$$

dan

$$f(Z/Z_n) = (Z/Z_n)^{1/3} \quad \text{jika} \quad Z/Z_n > (6/29)^3 \tag{19}$$

$$f(Z/Z_n) = (841/108) (Z/Z_n) + 4/29 \quad \text{jika} \quad Z/Z_n \leq (6/29)^3 \tag{20}$$

Keterangan :

L^* , a^* dan b^* adalah koordinat L^* , a^* dan b^* CIE 1976;

X , Y dan Z adalah nilai tristimulus yang dihitung berdasarkan 5.1 atau 5.2;

X_n , Y_n dan Z_n adalah titik putih dari tabel I.1 untuk kondisi yang ditentukan dalam 5.1.

Sesuai dengan ISO 11664-4, transformasi *reverse* adalah:

$$f(Y/Y_n) = (L^* + 16) / 116 \quad (21)$$

$$f(X/X_n) = a^* / 500 + f(Y/Y_n) \quad (22)$$

$$f(Z/Z_n) = f(Y/Y_n) - b^* / 200 \quad (23)$$

$$X = X_n [f(X/X_n)]^3 \quad \text{jika } f(X/X_n) > 6/29 \quad (24)$$

$$X = (108 / 841) X_n [f(X/X_n) - 4/29] \quad \text{jika } f(X/X_n) \leq 6/29 \quad (25)$$

$$Y = Y_n [f(Y/Y_n)]^3 \quad \text{jika } f(Y/Y_n) > 6/29 \text{ untuk } L^* > 8 \quad (26)$$

$$Y = (108 / 841) Y_n [f(Y/Y_n) - 4/29] \quad \text{jika } f(Y/Y_n) \leq 6/29 \text{ untuk } L^* \leq 8 \quad (27)$$

$$Z = Z_n [f(Z/Z_n)]^3 \quad \text{jika } f(Z/Z_n) > 6/29 \quad (28)$$

$$Z = (108 / 841) Z_n [f(Z/Z_n) - 4/29] \quad \text{jika } f(Z/Z_n) \leq 6/29 \quad (29)$$

CATATAN rasio antara bilangan bulat, misalnya, 4/29, yang digunakan dalam rumus di subpasal ini untuk menghindari kesalahan pembulatan.

Pendekatan korelasi dari atribut kecerahan, kroma dan rona dihitung sebagai berikut.

Kecerahan CIE 1976 L^* Sebagaimana didefinisikan dalam Rumus (17)

Kroma CIE 1976 $C_{ab}^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (30)

Sudut rona CIE 1976 $h_{ab}^* = \arctan(b^* / a^*)$ (31)

dimana a^* dan b^* adalah koordinat a^* dan b^* CIE 1976.

5.3.3 Rumus perbedaan warna CIE 1976

Rumus perbedaan warna CIE 1976 seperti yang diberikan dalam Lampiran J harus digunakan untuk menghitung perbedaan warna berdasarkan CIELAB.

5.3.4 Rumus perbedaan warna CIEDE2000

Rumus perbedaan warna CIEDE2000 seperti yang diberikan dalam Lampiran K harus digunakan untuk menghitung perbedaan warna CIEDE2000.

6 Persyaratan pelaporan data pengukuran

6.1 Informasi yang dipersyaratkan

Pelaporan data berdasarkan dokumen ini, harus disertai dengan informasi berikut:

- a) Pernyataan bahwa pengukuran dan perhitungan sesuai dengan dokumen ini, SNI ISO 13655;
- b) Kondisi pengukuran yang digunakan (M0, M1, M2 atau M3);
- c) Untuk spesimen refleksi, latar spesimen (hitam - juga disebut “bb”, putih - juga disebut “wb”);
- d) Untuk substrat sampel tidak legap, data CIEXYZ dari bahan substrat yang belum tercetak harus dilaporkan untuk latar putih dan sebaiknya juga untuk latar hitam (lihat 4.2.5);
- e) Merek/model instrumen (jika hanya satu instrumen yang digunakan untuk data yang tersedia);

CONTOH SNI ISO 13655 (M0, wb, Cosmodrive).

CATATAN Data karakterisasi bisa dibuat dari beberapa instrumen dan oleh karena itu tidak langsung terkait dengan instrumen tertentu. Sebuah contoh khas mungkin bernama: SNI ISO 13655 (M2, bb).

- f) Harus melaporkan apakah persyaratan produsen untuk standardisasi telah diikuti.

6.2 Informasi yang direkomendasikan

Informasi yang diperlukan juga sebaiknya disertai dengan:

- a) Pembuat data;
- b) Tanggal pembuatan data;
- c) Deskripsi dari tujuan atau isi data yang dilaporkan;
- d) Deskripsi instrumentasi yang digunakan, termasuk, namun tidak terbatas pada informasi rana;
- e) Interval panjang gelombang yang digunakan untuk perhitungan;
- f) Acuan yang digunakan untuk standardisasi dan proses yang digunakan untuk memastikan atau mengevaluasi konsistensi standardisasi;

CONTOH 1 Terstandar sebagaimana rekomendasi pembuat dan terverifikasi internal secara periodik.

CONTOH 2 Terverifikasi dengan CRM internal (seperti yang dijelaskan dalam Lampiran D).

6.3 Pelaporan data elektronik

Jika data yang dilaporkan dalam bentuk elektronik, laporan harus sesuai dengan ISO 28178.

Lampiran A (normatif) Latar sampel

A.1 Umum

Banyak substrat yang digunakan dalam fotografi dan pencetakan tidak benar-benar legap. Oleh karena itu, karakteristik bahan di balik spesimen selama pengukuran atau cetakan yang ada pada sisi belakang dapat mengubah pengukuran faktor reflektans. Setiap perubahan pada data faktor reflektans spektral akan berdampak pada nilai yang dihitung dari data ini, misalnya, kolorimetri, densitas, dan lain-lain.

Dampak pada nilai terukur tergantung pada kelegapan substrat. Ketika ada cetakan pada sisi belakang substrat, maka penggunaan latar hitam dapat menghilangkan dampak tersebut.

Jika substrat memiliki kelegapan sangat rendah, perbedaan data faktor reflektans spektral terukur antara latar putih dan latar hitam bisa sangat berarti. Konversi perkiraan antara data yang diukur dengan latar putih dan latar hitam diberikan dalam A.4.

Pilihan umum untuk bahan latar adalah:

- latar hitam standar didefinisikan dalam A.2;
- latar putih standar didefinisikan dalam A.3;
- latar diri dengan beberapa lembar bahan substrat spesimen itu sendiri.

Latar diri lebih disukai hanya di industri pembuatan kertas. Namun, hanya latar hitam standar atau latar putih standar harus digunakan untuk aplikasi dalam lingkup dokumen ini.

CATATAN Latar diri tergantung pada ketersediaan bahan substrat yang belum dicetak ketika spesimen akan diukur. Substrat yang belum dicetak ini sering kali tidak tersedia. Masalah lain akan timbul dengan alat pemindai otomatis dimana latar tersembunyi di dalam instrumen.

A.2 Latar hitam standar

bahan hitam harus sesuai dengan ISO 5-4.

ISO 5-4 mempersyaratkan:

- non-selektif secara spektral, yaitu densitas refleksi berbaur spektral sepanjang interval total seluruh interval panjang gelombang dari 400 nm sampai 700 nm tidak melebihi 5 % dari densitas rata-rata yang diperoleh sepanjang interval yang sama;
- bahan tersebut sebaiknya memiliki refleksi baur (misalnya, sedikit atau tidak ada refleksi *specular* bila dilihat dari sudut manapun yang kurang dari 45° terhadap normal, pada kondisi pencahayaan ruangan kantor). Sebagaimana bahan hitam dengan permukaan *matte* rentan terhadap kerusakan fisik, bahan latar hitam sebaiknya *semi-matte* (ISO 8254-75° kilap kurang dari 40 GU);
- substrat legap;
- densitas refleksi visual minimal 1,30 sesuai ISO 5;
- densitas refleksi visual maksimal 1,60 sesuai ISO 5.

A.3 Latar putih standar

Bahan putih harus memiliki karakteristik sebagai berikut.

- a) Harus legap (misalnya, keramik, plastik atau kertas). kelegapan harus sama dengan atau lebih besar dari 99.

$$O_B = (Y_b / Y_w) \times 100 \quad (\text{A.1})$$

Keterangan :

- O_B adalah kelegapan ($0^\circ:45^\circ$, D50, 2° , Y) dari bahan latar;
 Y_b adalah nilai Y CIE dihitung dari pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan latar hitam sesuai dengan A.2;
 Y_w adalah nilai Y CIE dihitung dari pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan tumpukan setidaknya tiga lembar material yang digunakan untuk latar.

- b) Bahan tersebut sebaiknya memiliki refleksi baur (misalnya, sedikit atau tidak ada refleksi *specular* bila dilihat dari sudut manapun yang kurang dari 45° terhadap normal, pada kondisi pencahayaan ruangan kantor – biasanya dirujuk sebagai tampilan *matte*). Sebagaimana bahan putih dengan permukaan *matte* rentan terhadap kerusakan fisik, bahan latar putih sebaiknya *semi-matte* (ISO 75° kilap kurang dari 40 GU);

CATATAN 1 Banyak percetakan tidak memiliki glossmeter sesuai dengan ISO 8254-75°. Namun, sebagaimana kilap cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya sudut pengamatan, toleransi yang sama dapat digunakan dengan sudut 60° atau 85° seperti yang digunakan untuk tinta dan *coatings*.

- c) Nilai CIELAB C^* harus tidak melebihi 3 dan sebaiknya tidak melebihi 2,4;
- d) Harus tidak berpendar (tidak ada emisi pada tapis reaksi yang ditinjau ketika disinari oleh sumber cahaya instrumen). Hal ini setara dengan membaca lembar latar dengan mode M1 dan M2 dan perbedaan pada setiap panjang gelombang yang lebih besar dari 410nm harus kurang dari atau sama dengan 3σ (3 simpangan baku) dari 5 pengukuran lembar latar hanya menggunakan mode M2.

Nilai-nilai spektral faktor reflektans harus berada dalam kisaran kurva yang diberikan dalam tabel A.1.

CATATAN 2 Data pada tabel A.1 dideskripsikan sesuai dengan ISO/CIE geometri $0^\circ:45^\circ$, hal ini tidak menghalangi penggunaan instrumen dengan geometri $45^\circ:0^\circ$ karena latar yang diperlukan memantulkan cahaya secara berbaur dan dengan demikian akan mengikuti hukum timbal balik Helmholtz sehingga pembacaan dari dua geometri tersebut akan sama.

Tabel A.1 - Faktor reflektans spektral

Panjang gelombang nm	Faktor reflektans spektral	
	Batas atas	Batas bawah
380	0,74	0,12
390	0,80	0,19
400	0,84	0,37
410	0,87	0,61
420	0,88	0,75
430	0,89	0,78
440	0,90	0,79
450	0,90	0,79
460	0,91	0,79
470	0,91	0,79
480	0,91	0,79
490	0,91	0,79
500	0,91	0,79
510	0,91	0,79
520	0,91	0,79
530	0,91	0,79
540	0,91	0,79
550	0,91	0,79
560	0,91	0,79
570	0,91	0,79
580	0,91	0,79
590	0,91	0,79
600	0,91	0,79
610	0,91	0,79
620	0,91	0,79
630	0,91	0,79
640	0,91	0,79
650	0,91	0,79
660	0,91	0,79
670	0,91	0,79
680	0,91	0,79
690	0,91	0,79
700	0,91	0,79
710	0,91	0,79
720	0,91	0,79
730	0,91	0,79

A.4 Konversi latar hitam/putih

Salah satu kemungkinan metode konversi adalah berdasarkan pada pengamatan^[21] bahwa jika perbedaan X CIE, Y CIE, dan Z CIE antara pengukuran yang dilakukan dengan dua bahan latar (yaitu hitam dan putih) diplot terhadap X CIE, Y CIE, dan Z CIE untuk pengukuran yang dilakukan antara kedua latar, hasil yang paling cocok adalah mendekati garis lurus. Hal ini mengarah pada pendekatan konversi linear.

Untuk X CIE:

$$X_w = X_b \cdot (1 + C) - X_{\min} \cdot C \quad (\text{A.2})$$

dengan

$$C = \frac{X_{sw} - X_{sb}}{X_{sb} - X_{\min}} \quad (\text{A.3})$$

Keterangan :

- X_w adalah nilai X konversi dari spesimen di atas latar putih;
- X_b adalah nilai X yang diukur dari spesimen di atas latar hitam;
- C adalah konstanta;
- X_{sw} adalah nilai X yang diukur dari spesimen di atas latar putih;
- X_{sb} adalah nilai X yang diukur dari spesimen di atas latar hitam;
- X_{\min} adalah nilai X minimum dari spesimen diatas latar hitam;

Dalam prakteknya, nilai X dari empat-warna solid (ID 1286 di ISO 12642-2) sangat dekat dengan, atau sama dengan, nilai minimum dan dapat digunakan sebagai X_{\min} .

Konversi Y CIE dan Z CIE dicapai dengan cara analog dan nilai CIELAB dihitung dengan cara yang sama.

Metode konversi latar hitam dan latar putih masih merupakan bidang aktif penelitian dan pengguna dianjurkan untuk menguji masing-masing model dengan mempertimbangkan kasus-kasus penggunaannya. Substrat cetak bervariasi tidak hanya dalam warna, tetapi juga dalam sifat fisik. Perubahan sifat fisik berdampak pada interaksi tinta/substrat dan hamburan cahaya. Perubahan interaksi tinta/substrat dan hamburan cahaya sering mengakibatkan perubahan nilai-nilai nada bahan cetak untuk penintaan yang sama. Oleh karena itu, perubahan substrat cetak biasanya akan memerlukan perubahan target kolorimetrik (karena warna kertas) dan perubahan dalam reproduksi nada dan pengendalian proses untuk mengoreksi perubahan nilai nada (yang dihasilkan dari perubahan karakteristik fisik).

Teknik koreksi yang dijelaskan dalam Lampiran ini hanya untuk masalah perubahan warna substrat. Perbedaan daya serap atau ketahanan terhadap tinta akan menghasilkan pergeseran warna yang tidak dapat dikoreksi sehingga target baru harus dikembangkan.

A.5 Pengukuran bahan transparan

Untuk substrat dilihat dari cahaya yang ditransmisikan, kondisi pengukuran 4.3 diterapkan. Dalam kasus substrat transparan, yang dilihat dari refleksi, pengukuran faktor reflektans baik menggunakan geometri $0^\circ:45^\circ$ atau $45^\circ:0^\circ$ sudah mencukupi, menggunakan latar putih sampel dengan karakteristik yang dijelaskan di A.3.

Pengukuran reflektans dari bahan transparan sangat tergantung pada pemantulan bahan latar. Dalam rangka untuk memperbaiki pengukuran tersebut sehingga latar relatif pembaur memantul sempurna, perhitungan berikut harus dilakukan:

$$R(\lambda) = R_t(\lambda) / R_b(\lambda) \quad (\text{A.4})$$

Keterangan :

- λ adalah panjang gelombang dengan satuan nanometer (nm);
- $R_t(\lambda)$ adalah reflektans dari spesimen transparan di atas bahan latar putih pada panjang gelombang λ ;
- $R_b(\lambda)$ adalah reflektans dari bahan latar putih itu sendiri (tidak tertutup oleh substrat) pada panjang gelombang λ ;
- $R(\lambda)$ adalah reflektans terkoreksi pada panjang gelombang λ .

Koreksi juga dapat dilakukan dengan menggunakan CIEXYZ sebagai berikut:

$$X = 100 \times (X_t / X_b) \quad (\text{A.5})$$

$$Y = 100 \times (Y_t / Y_b) \quad (\text{A.6})$$

$$Z = 100 \times (Z_t / Z_b) \quad (\text{A.7})$$

dimana subskrip "t" dan "b" memiliki arti yang sama seperti di atas.

CATATAN koreksi ini hanya berlaku untuk bahan bening dan tidak untuk bahan *translucent*.

Lampiran B (informatif) Geometri

B.1 Pengukuran reflektans

B.1.1 Sudut

Tampilan dari setiap objek legap sebagian besar merupakan fungsi dari reflektans spektral objek tersebut yang dikombinasikan dengan berbagai efek permukaan seperti kilap, bentuk, tekstur, dan lain-lain. Sayangnya, kombinasi reflektans spektral dan efek permukaan ini sulit untuk dikarakterisasi dan diukur. Instrumentasi dasar yang tersedia untuk melakukan pengukuran reflektans terbatas pada tiga konfigurasi atau geometri. Yaitu instrumen ($0^\circ:45^\circ$) atau ($45^\circ:0^\circ$) dan ($d:8^\circ$). Sayangnya, data dari setiap konfigurasi ini tidak dapat dengan mudah dimodifikasi untuk mencocokkan data yang diukur dengan konfigurasi yang berbeda. Dalam keadaan tertentu, perhitungan spektral mengizinkan konversi (lihat Referensi [22]). Untuk banyak aplikasi geometri bukan yang kritis. Bagi yang lain, konfigurasi khusus menawarkan keuntungan yang unik dan untuk beberapa aplikasi, konfigurasi yang digunakan memiliki historis dalam praktek dan basis data ketimbang kebutuhan aplikasi.

Dalam mengembangkan dokumen ini, salah satu aplikasi utama yang dipertimbangkan adalah tampilan citra tercetak di atas kertas. Informasi yang tersedia memberikan indikasi sangat kuat bahwa geometri $0^\circ:45^\circ$ atau $45^\circ:0^\circ$ menyediakan korelasi terbaik untuk reflektans terlihat oleh pengamat menggunakan kondisi pengamatan standar yang ditentukan dalam ISO 3664 untuk grafika dan fotografi. Selain itu, dalam grafika, data kolorimetrik sering juga digunakan dalam konjungsi dengan data densitometri. Standar densitometri refleksi ISO 5-4 menetapkan penggunaan geometri ($0^\circ:45^\circ$) atau ($45^\circ:0^\circ$) dan CIE Publication 176 memberikan panduan tentang toleransi pada target.

Salah satu contoh aplikasi penting grafika di mana geometri yang ditentukan dalam dokumen ini tidak memadai adalah penentuan "*bronzing*" tinta. Sebuah instrumen berbentuk bola padu diperlukan untuk tujuan ini.

Kepatuhan terhadap ISO 5-4 memerlukan salah satu geometri "empat puluh lima derajat *annular* : normal", "empat puluh lima derajat *circumferential* : normal", "normal: empat puluh lima derajat *annular*", dan "normal : empat puluh lima derajat *circumferential*". Geometri *annular* dicapai dengan reflektor cincin sedangkan geometri *circumferential* menggunakan pendekatan geometri annular, misalnya, sejumlah sumber cahaya / sensor yang ditempatkan di sekitar lingkaran; lihat Publikasi CIE 176:2006.

Namun, jika pengindraan dan / atau iradiasi terbatas pada sudut azimuth tunggal, efek arah dan tekstur ditekankan. Geometri ini usang dalam ISO 5-4 dan CIE Publication 176 dengan demikian juga dalam dokumen ini. Mereka dikenal sebagai "empat puluh lima derajat terarah:normal" dan "normal:empat puluh lima derajat terarah".

CATATAN Rincian lebih lanjut tentang geometri pengukuran dan toleransi geometri dapat ditemukan pada CIE Publication 176.

B.1.2 *Over filling dan under filling*

Petak kontrol pada lajur kontrol cetak jarang yang lebih besar dari 5 mm persegi dan pembaca kecil (*small spot*) pada spektrofotometer dengan geometri (45°:0°) dan (0°:45°) tersedia untuk membacanya. Ukuran kecil dari petak kontrol dan rana kecil yang diperlukan untuk membacanya, memerlukan pertimbangan khusus terhadap variasi yang disebabkan karena kesalahan pengkaburan translusens (hamburan lateral).

Ketika spesimen translusens, setidaknya untuk beberapa derajat, sebagian cahaya menembus spesimen dan terhambur lateral ke titik luar daerah pengamatan pengindra instrumen, menyebabkan nilai reflektans yang dilaporkan lebih rendah dari yang seharusnya jika semua cahaya yang dipantulkan terkumpul.

Interaksi antara translusensi spesimen dan konfigurasi optik instrumen disebut pengkaburan translusens, dan perbedaan dalam faktor reflektans diukur pada spesimen translusens dibandingkan dengan faktor reflektans terkoreksi disebut kesalahan pengkaburan translusens [20][23].

Standar reflektans kaca putih dan *pressed powder pellets* yang sering kali digunakan untuk mengkalibrasi spektrofotometer dengan rana besar umumnya translusens. Substrat *proofing* grafika dan substrat cetak juga tembus untuk beberapa derajat.

Untuk meminimalkan kesalahan pengkaburan translusens, spesimen yang besar dan rata diukur dengan menerangi titik yang lebih besar dari rana sampel ("*over filling*") atau sebaliknya ("*under filling*"). ISO 5-4 menyatakan bahwa "batas terealisasi –lebih besar dari wilayah pencahayaan dan daerah penerima harus berada di luar batas yang lebih kecil dengan minimal 2 mm. Ketika rana sampling kecil diperlukan, dimensi ini harus minimal 0,5 mm. Besarnya kesalahan baur lateral yang dihasilkan harus diterima sebagai bagian dari ketidakpastian pengukuran secara keseluruhan, atau batas perbedaan yang lebih besar harus digunakan."

Untuk meminimalkan kesalahan karena pengkaburan translusens, penting untuk menggunakan bahan acuan standardisasi kelegapan.

B.1.3 Ukuran rana sampel, area pemindaian

Ketika mengukur nada tengah, raster adalah faktor lain yang harus dipertimbangkan ketika memilih rana sampling instrumen. Jika luas yang diukur terlalu kecil, pengukuran menjadi tidak menentu dan tergantung pada jumlah titik nada tengah yang diukur. Untuk raster periodik dan pengukuran tunggal, aturan praktis mengatakan bahwa setidaknya 79 titik nada tengah harus berada dalam rana-sampling, meskipun 177 lebih baik. Ini sesuai dengan aturan bahwa untuk diameter rana sirkular harus minimal 10 kali, atau lebih baik 15 kali, lebih besar dari lebar raster. Tabel B.1 menunjukkan luas dan diameter rana sampel sirkular minimum dan yang direkomendasikan, masing-masing, sebagai fungsi dari raster. Jika rana sampling tidak sirkular, dimensi tidak boleh lebih kecil dari diameter rana sirkular.

Rana sampling yang lebih kecil dari tabel B.1 diperbolehkan jika ketidakpastian dari pengukuran tunggal diperkecil dengan melakukan perhitungan rerata dari beberapa pengukuran yang dilakukan di dalam area yang berada dalam rentang yang diberikan oleh kolom 4 dan 5 dari tabel B.1. Metode ini diterapkan dengan instrumen pemindai.

Untuk nada tengah dengan frekuensi raster tidak konstan (raster non-periodik), dianjurkan untuk menggunakan tabel B.1 dengan frekuensi raster semu dihitung dengan membagi 0,120 dengan diameter minimal elemen citra dari raster non-periodik.

CONTOH Apabila diameter minimum raster non-periodik adalah 20 μm (0,002 cm). Pembagian 0,120 oleh 0,002 cm menghasilkan 60/cm, maka rekomendasi dari baris berlabel 59,1 (150) seperti di Tabel B.1. berlaku

Tabel B.1 - Diameter aperture sampel melingkar dan wilayah untuk pengukuran nada tengah

Frekuensi raster cm^{-1} (lpi)	Diameter		Daerah	
	Minimum mm	Rekomendasi mm	Minimum mm^2	Rekomendasi mm^2
25,6 (65)	3,9	5,9	12,0	27,0
33,5 (85)	3,0	4,5	7,0	15,8
39,4 (100)	2,5	3,8	5,1	11,4
47,2 (120)	2,1	3,2	3,5	7,9
52,4 (133)	1,9	2,9	2,9	6,4
59,1 (150)	1,7	2,5	2,3	5,1
68,9 (175)	1,5	2,2	1,7	3,7
78,7 (200)	1,3	1,9	1,3	2,9
98,4 (250)	1,0	1,5	0,8	1,8

B.2 Geometri pengukuran transmisi

Geometri pengukuran transmisi didefinisikan dalam dokumen ini sesuai dengan ISO 5-2, yaitu (0:d) atau (d:0), dengan kaca opal atau plastik sebagai media baur. Karakteristik pembaur juga ditentukan dalam ISO 5-2. Untuk nada tengah, rekomendasi yang diberikan di B.1.3 juga dapat digunakan.

Seperti ditekankan di ISO 5-2, pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan CIE Publication 15:2004 metoda bola padu tidak memberikan hasil yang sama. Hal ini terutama disebabkan oleh inter-refleksi yang terjadi antara spesimen dan pembaur dalam metode ISO 5-2 (yang mencerminkan kebanyakan situasi). Bukti eksperimental[21] menunjukkan bahwa perbedaan diperoleh dengan dua prosedur yang paling signifikan pada transmitansi tinggi dan kesalahan yang diperkenalkan umumnya linier dengan transmitansi (dan nilai-nilai CIEXYZ). Nilai CIEXYZ yang diukur dengan menggunakan acuan opal akan lebih tinggi dari yang diperoleh dengan menggunakan acuan bola padu. Tingkat perbedaan merupakan fungsi dari bahan opal, serta karakteristik permukaan bahan yang diukur (kehalusan, tingkat *matte*, dan lain-lain).

Lampiran C (informatif)

Meningkatkan kesesuaian antar-instrumen

C.1 Kalibrasi

Perangkat pengukuran perlu distandardisasi menggunakan alat itu sendiri, terkini, materi terstandarisasi atau bahan referensi bersertifikat (CRM). Ini adalah praktik yang baik untuk pertama memverifikasi bahwa validitas bahan referensi belum kedaluwarsa. Berikutnya, periksa apakah nilai-nilai refleksi yang tersimpan dalam instrumen memang berhubungan dengan acuan putih yang akan digunakan, ini umumnya dilakukan dengan memeriksa bahwa nomor seri ubin acuan cocok dengan instrumen. Kemudian, sebagai bagian dari prosedur standardisasi penuh, membuat pengukuran nol reflektansi (pada aparat *black-trap*) jika disediakan sebagai bagian prosedur dari produsen dan mengukur acuan refleksi putih. Dalam semua kasus, ikuti prosedur yang ditetapkan oleh produsen instrumen dan prosedur yang datang dengan bahan referensi. Pada instrumen modern, banyak prosedur standardisasi telah diotomasi sehingga hanya membutuhkan sedikit campur tangan manusia. Selalu merupakan ide yang baik untuk memverifikasi langkah standardisasi, setelah selesai, dengan kembali mengukur bahan referensi dan membandingkan hasil untuk nilai-nilai target.

C.2 Raster dan aperture sampel

Daerah setengah-nada tidak bisa diukur dengan aperture sampel yang terlalu kecil untuk mengevaluasi spesimen secara efektif. Lihat Lampiran B untuk informasi lebih lanjut tentang ukuran aperture untuk digunakan ketika mengukur setengah-nada dengan berbagai *screen ruling*. Ukuran aperture yang berbeda mengukur daerah yang berbeda dari spesimen. Oleh karena itu, adalah ide yang baik untuk menggunakan ukuran dan bentuk aperture yang umum untuk perbandingan pengukuran.

C.3 Kondisi pengukuran

Banyak kasus ketidaksesuaian pengukuran dapat ditelusuri ke perbandingan data yang diukur dalam kondisi yang berbeda. Seorang operator sering memiliki pilihan berbagai instrumen dan pilihan fisik mereka seperti geometri (0° : 45° atau terbur: normal dengan komponen specular disertakan atau dikecualikan, di: 8° atau de: 8°), komponen UV dari pengukuran flux sumber (termasuk atau dikecualikan) atau filter polarisasi (terlibat atau tidak). Selain itu, ada banyak pilihan komputasi, yang dapat mengubah nilai-nilai dari pembacaan yang dilaporkan, termasuk illuminan CIE (A, D50, D65, C, dan lain-lain) dan fungsi pengamat standar (2° atau 10° ukuran rana visual). Pastikan bahwa instrumen dan pengaturan mereka sesuai dengan ketentuan dalam dokumen ini.

C.4 Model umum dan produsen

Kesesuaian terbaik dicapai ketika perangkat yang digunakan berasal dari produsen tunggal, dan lebih baik lagi, dari keluarga produk yang sama.

C.5 Bahan Acuan

Banyak instrumen menggunakan fitur yang memungkinkan pengguna untuk memasukkan data acuan ke dalam memori instrumen secara manual atau melalui proses pengukuran bahan referensi atau diunduh dari sistem komputer terhubung. Pengukuran kemudian dibuat relatif terhadap nilai-nilai bahan acuan ini. Hal ini dapat membantu ketika perbandingan antara spesimen yang berbeda dibutuhkan atau parameter harus lulus/gagal digunakan. Diperlukan

kehati-hatian untuk memastikan fungsi referensi ini tidak diaktifkan secara tidak sengaja. Kesalahan tersebut dapat mengakibatkan perbedaan pengukuran kotor antara dua atau lebih instrumen. Untuk informasi lebih lanjut, lihat Lampiran D.

C.6 Koreksi spectral

Jika langkah-langkah yang dianjurkan dalam C.1 sampai C.5 tidak cukup untuk secara signifikan meningkatkan kesesuaian antar-instrumen, pertimbangkan metode yang dijelaskan dalam Referensi [19] Dan [22]. Para penulis ini menggunakan analisis regresi untuk memperbaiki spektrum terukur sehingga mendekati pengukuran dari instrumen acuan yang dipilih.

Lampiran D (informatif) Bahan acuan bersertifikat (CRMs)

D.1 Umum

Sesuai yang didefinisikan dalam ISO Guide 30, CRM adalah bahan acuan yang bersertifikat, satu atau lebih dari nilai-nilai propertinya disertifikasi dengan prosedur yang menetapkan ketertelusuran dengan akurat pada unit di mana nilai properti dinyatakan, dan yang masing-masing nilai bersertifikat disertai dengan ketidakpastian pada tingkat kepercayaan yang dinyatakan. Untuk industri grafika, tingkat kepercayaan sekitar 95 % secara umum sudah cukup diterima. Hal ini terkait dengan faktor cakupan 2, atau 2 standar deviasi statistik dalam kasus distribusi normal. Untuk informasi lebih lanjut, lihat ISO 15790.

Sejak awal pengukuran warna dalam teknologi grafika, telah terjadi gangguan oleh kesesuaian antar-instrumen yang relatif buruk. Ini adalah alasan dikenalkannya Lampiran C dalam dokumen ini. Baru-baru ini, situasi lebih dikacaukan oleh penggunaan kertas yang sangat memendar sebagai substrat cetak. Hal ini cenderung untuk memperkuat perbedaan antar-instrumen dimana komposisi spektral dari sumber tidak identik di daerah UV.

Satu set CRM, yang disertifikasi oleh atau dapat dilacak ke lembaga standar yang diakui secara internasional, yang diadopsi oleh hampir semua produsen dapat mencapai tujuan-tujuan berikut:

- untuk memperingatkan pengguna tentang masalah antar-instrumen;
- untuk menunjukkan ketika instrumen diluar spesifikasi;
- untuk mengatur tahapan pengurangan bertahap dari perbedaan antar-instrumen.

Set yang sesuai CRMs

- a) akan mencakup petak untuk putih, solid primer dan sekunder dari warna proses, serta sejumlah nada tengah tersier;
- b) akan menggunakan pewarna dan formulasi tinta yang sesuai dengan yang digunakan untuk cetakan dan *proof* praktis dalam hal ketergantungan spektral, karakteristik permukaan dan hamburan;
- c) akan lebih disukai spesimen dengan lapisan tebal karena tidak sensitif terhadap kerusakan pakai/aus;
- d) akan disediakan dengan spektrum dan nilai CIELAB dari semua petak terukur sesuai dengan dokumen ini, dan
- e) akan perlu disertifikasi, atau dapat dilacak ke lembaga standar yang diakui secara internasional seperti NIST (USA), PTB (DE), NPL (UK), CTP (Perancis) dan NRC (Kanada).

CRMs akan memungkinkan pengguna untuk menentukan apakah instrumen mereka di dalam atau di luar spesifikasi dan akan memungkinkan instrumen untuk dikalibrasi ulang oleh produsen, jika diperlukan. Sebagai alternatif, data yang diberikan oleh instrumen tersebut dapat digunakan untuk memperbaiki data dengan menggunakan perangkat lunak, yang perlu ditawarkan oleh vendor.

Jika CRM mengandung OBA, spektrum dan data kolorimetrik perlu disediakan untuk kedua kondisi pengukuran M1 dan M2.

D.2 Penggunaan CRM

Mengikuti prosedur produsen untuk menyiapkan dan standardisasi instrumen, ukur petak warna CRM dan bandingkan nilai CIELAB yang diukur dengan nilai acuan dari sertifikat CRM.

Agar perbandingan ini menjadi berarti, perlu untuk menentukan ketidakpastian standar gabungan hasil pengukuran. Untuk menentukan jumlah ini, perlu untuk memperkirakan di awal ketidakpastian setiap komponen dari proses. (Perkiraan ini dapat ditentukan dengan metode statistik atau lainnya.) Proses ini memerlukan pengetahuan tentang semua sumber ketidakpastian, termasuk reproduktifitas, u_r , (lihat ISO 15790: 2004, 6.1.5), ketidakpastian CRM, u_{CRM} , (lihat ISO 15790: 2004, 6.1.6), dan sumber lainnya untuk ketidakpastian pengukuran. Ketika masing-masing komponen ketidakpastian dinyatakan sebagai varian (untuk distribusi normal, ini adalah setara dengan kuadrat dari satu standar deviasi) atau perkiraannya, akar kuadrat positif dari jumlah varian (dan perkiraannya) adalah sama dengan ketidakpastian standar gabungan (dengan asumsi bahwa semua sumber ketidakpastian bersifat independen, yaitu bahwa mereka tidak berkorelasi); lihat ISO 15.790: 2004, 6.1.7.

Ketidakpastian hasil pengukuran ditentukan untuk pengukuran CRM mungkin tidak sama dengan ketidakpastian hasil pengukuran bahan lain, meskipun mereka mungkin telah dievaluasi dengan instrumen yang sama. Sebagai contoh, kilau dari densitas refleksi CRM merupakan karakteristik dari CRM yang mungkin tidak mempengaruhi kemampuan instrumen untuk secara akurat mengukur densitas dari CRM. Namun, jika spesimen dengan kilau yang berbeda dari CRM diukur dengan instrumen yang sama, perbedaan kilau ini dapat mempengaruhi ketidakpastian hasil ukur. Dalam kasus seperti itu, efek kilau harus ditentukan, dan dikombinasikan dengan sumber-sumber ketidakpastian lainnya. Lihat ISO 15790 untuk karakteristik CRM, yang juga mungkin perlu dipertimbangkan ketika mengevaluasi ketidakpastian pengukuran.

Begitu ketidakpastian standar gabungan dari sistem pengukuran telah ditentukan, kalibrasi instrumen kemudian harus diverifikasi menggunakan CRM. Jika nilai absolut dari selisih antara nilai diukur dan nilai referensi CRM sama dengan atau kurang dari ketidakpastian standar gabungan, tidak perlu dilakukan koreksi. Jika nilai absolut dari selisih antara nilai dan referensi diukur lebih besar dari ketidakpastian standar gabungan, koreksi harus diterapkan pada hasil pengukuran.

Koreksi sebaiknya dibuat dengan menggunakan metode spektral yang disebutkan dalam Referensi [5] dan [20]. Karena ini membutuhkan waktu lama, lebih baik untuk menggunakan algoritma yang berada di *firmware* instrumen atau dipasok oleh produsen sebagai perangkat lunak untuk komputer yang berkomunikasi dengan instrumen. Atau, instrumen dapat disesuaikan oleh pengguna atau produsen.

Ketika hasil pengukuran CRM sama dengan atau di dalam spesifikasi, maka hasil telah terverifikasi dan penyesuaian tidak diperlukan. Ketika hasil kalibrasi jatuh di luar spesifikasi instrumen, ada potensi masalah dengan metode pengukuran, frekuensi kalibrasi, instrumen atau CRM.

Lampiran E
(informatif)
Prosedur untuk pelebaran *bandwidth*

Dokumen ini menjelaskan prosedur untuk integrasi *tristimulus* dari spektral pengukuran yang dilakukan menggunakan instrumen dengan *bandwidth* yang beragam. Metode yang digunakan untuk integrasi *tristimulus* mengasumsikan bahwa *bandwidth* instrumen dan sampling interval mendekati sama (interval pengambilan sampel 5 nm mengasumsikan *bandwidth* 5 nm). Fungsi respon segitiga dari instrumen ukur, dengan titik setengah-daya mendefinisikan *bandwidth*, juga diasumsikan. Asumsi ini didasarkan pada desain instrumen laboratorium klasik yang menggunakan rana dan kisi difraksi atau prisma.

Dimana data yang tersedia telah dikumpulkan sesuai interval tidak sesuai dengan interval 5 nm fungsi pembobotan kolorimetrik yang tersedia, itu harus diubah (pengambilan sampel ulang) untuk menyediakan perkiraan (semu) data pada interval yang dibutuhkan. Hal ini sebaiknya dilakukan hanya jika data telah dikumpulkan pada interval yang lebih kecil dari selang 5 nm yang diinginkan dan jika *bandwidth* sesuai dengan interval sampel. Teknik yang harus digunakan untuk membuat data yang diinginkan adalah menerapkan fungsi pembobotan segitiga pada data yang ada berdasarkan sampel interval dan *bandwidth* (baru) yang diinginkan. Data ini kemudian dijumlahkan selama interval dan dinormalisasi dengan jumlah dari bobot yang digunakan. Proses ini diulang untuk setiap titik data baru yang diperlukan.

Fungsi pembobotan seperti yang ditunjukkan pada Rumus (E.1):

$$W(\lambda_{Xn}) = \frac{\Delta\lambda - |\lambda_{Yn} - \lambda_{Xn}|}{\Delta\lambda} \quad (\text{E.1})$$

Keterangan :

$W(\lambda_{Xn})$	adalah fungsi pembobotan pada panjang gelombang X_n ;
λ_{Yn}	adalah panjang gelombang yang datanya akan dihitung;
λ_{Xn}	adalah panjang gelombang dari data yang tersedia;
$\Delta\lambda$	adalah <i>bandwidth</i> yang diinginkan

fungsi didefinisikan dalam interval yang ditentukan dengan

$$|\lambda_{Yn} - \lambda_{Xn}| < \Delta\lambda$$

Dalam situasi di mana data tidak tersedia di akhir rentang pengukuran, data harus diasumsikan seragam dan nilai yang terukur terakhir yang tersedia harus digunakan untuk menentukan nilai akhir.

CONTOH Contoh berikut mengasumsikan bahwa data yang tersedia pada interval 3 nm dan data yang diinginkan pada interval 5 nm. Di wilayah 420 nm, nilai-nilai spesifik pada panjang gelombang 403 nm, 406 nm, 409 nm,436 nm. Perhitungan untuk nilai di 420 nm dilakukan sebagai berikut.

- Karena *bandwidth* ($\Delta\lambda$) adalah 5 nm, hanya data dari 410 nm ke 430 nm akan digunakan dalam perhitungan (nilai data di 412 nm, 415 nm, 418 nm, 421 nm, 424 nm, 427 nm dan 430 nm).

SNI ISO 13655:2017

- b) Fungsi pembobotan adalah 412 (0,2), 415 (0,5), 418 (0,8), 421 (0,9), 424 (0,6), 427 (0,3) dan 430 (0). Jumlah dari bobot adalah 3,3.
- c) Data spektral pada setiap panjang gelombang X_n dikalikan dengan nilai faktor pembobotan X_n dan produk dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah bobot (3,3 dalam contoh ini). Ini adalah nilai yang akan digunakan untuk tapis lolos 5 nm berpusat di 420 nm.
- d) Proses ini diulang pada panjang gelombang dalam kisaran 340 nm ke 780 nm pada interval 5 nm.

Prosedur yang sama digunakan untuk memodifikasi interval data yang tersedia lainnya untuk memberikan masukan pada penghitungan kolorimetrik.

Mempersempit *bandwidth* adalah prosedur lebih sulit dan, secara umum, transformasi yang unik. Untuk informasi lebih lanjut tentang cara mengubah kurva faktor refleksi terukur untuk mempersempit *bandwidth*, lihat Referensi [18], [27], [28] Dan [30].

Lampiran F (informatif) Spesimen Berpendar

F.1 Umum

Saat ini, hampir semua substrat pencetakan teknologi grafika menunjukkan pemendaran secara substansial. Dalam kebanyakan kasus, hal ini disebabkan adanya OBA dalam substrat. Ini memerlukan radiasi ultraviolet panjang gelombang di bawah 400 nm untuk eksitasi dan kemudian memancarkan cahaya di daerah biru. Hasilnya adalah pergeseran koordinat b^* CIELAB menuju biru sekitar 1 sampai 10.

Namun kadang kala ada tinta cetak dan tinta proofing menggunakan pewarna berpendar yang bereaksi terhadap radiasi sinar tampak di atas 400 nm untuk eksitasi. Sementara hampir semua pemendaran UV dapat dihindari dengan mematuhi spesifikasi *UV-cut* M2 di 4.2.2.3, Efek pewarna berpendar pada cahaya tampak tidak dapat dihindari dan karena itu uji untuk kehadiran mereka diperlukan.

Uji yang dijelaskan di bawah hanya sesuai untuk spesimen yang mengandung pemendaran UV. Spesimen yang mengandung apa yang disebut pemendaran siang hari, disebutkan dalam paragraf sebelumnya, memiliki pita eksitasi yang tumpang tindih secara signifikan dengan pita emisi cahaya tampak. Pemendaran pada cahaya tampak tidak dapat dengan mudah dinilai untuk tingkat atau adanya pemendaran.

F.2 Umum

F.2.1 Umum

Uji yang dijelaskan di bawah hanya sesuai untuk spesimen yang mengandung pemendaran UV. Spesimen yang mengandung pemendaran siang hari yaitu, memiliki pita eksitasi tumpang tindih yang signifikan dengan pita emisi cahaya tampak, tidak dapat dengan mudah dinilai tingkat atau adanya pemendaran [25].

F.2.2 Pengukuran sumber ganda

Spesimen diukur dengan dua sumber, salah satu yang mendekati iluminan A, yang lain mendekati D65. Distribusi spektral daya keduanya sangat berbeda. Data spektral yang dihasilkan kemudian digunakan untuk menghitung nilai tristimulus, relatif terhadap D50, untuk kedua sumber. Perbedaan CIELAB antara keduanya adalah ukuran pemendaran. Hal ini dapat diterima jika dua sumber diperoleh dengan filtrasi dari satu sumber. Jika produsen alat menyediakan dua distribusi spektral daya dari sumber pengukuran, ini harus dikutip ketika mengkomunikasikan hasil untuk mengizinkan pemeriksaan independen.

F.2.3 Filter Tunggal ultraviolet *cut-off*

Metode ini hanya menguji untuk kehadiran atau tidak adanya pemendaran UV. Jika instrumen dilengkapi dengan opsi filter *UV-cut*, misalnya, filter dengan karakteristik transmisi tersirat dalam spesifikasi 4.2.2.3, Mengukur spesimen dengan dan tanpa filter *UV-cut* pada jalan cahaya iluminasi. Perbedaan CIELAB antara kedua pengukuran adalah ukuran pemendaran UV.

F.2.4 Sampel dengan dan tanpa OBA

Metode ini menguji perubahan faktor radians total antara bahan putih tanpa OBA dan bahan yang sama dengan tambahan OBA dalam konsentrasi tinggi. Bahan standar ini tidak perlu disertifikasi. Metode ini mensyaratkan bahwa dua petak dibaca menggunakan kondisi instrumen standar dan perbedaan antara dua faktor pancaran spektral dihitung. Perbedaan CIELAB antara pembacaan petak adalah ukuran pemendaran UV.

Lampiran G
(normatif)
Metode pengujian kesesuaian UV-Cut

G.1 Bahan Uji

Diperlukan dua substrat dan filter uji

G.1.1 Substrat

Substrat 1, yang terdiri dari standar putih tidak memendar (WS); ubin kalibrasi putih beberapa instrumen sudah memadai. Substrat 2, kertas dengan OBA berkonsentrasi tinggi yang memiliki perbedaan CIE b^* antara 3 dan 5 jika diukur dengan dan tanpa filter UV-cut.

G.1.2 Filter Uji

Diperlukan sebuah filter uji yang memiliki karakteristik transmisi spektral sebagai berikut:

- a) Lebih besar dari 0,65 dalam kisaran cahaya tampak di atas 420 nm;
- b) Kurang dari 0,50 pada 410 nm;
- c) Kurang dari 0,20 pada 400 nm;
- d) Kurang dari 0,01 pada 390 nm.

CATATAN Hal ini setara dengan filter yang tersedia secara komersial termasuk Wratten 2B dan FujiFilm SC-41 namun tidak terbatas pada salah satu dari ini. Informasi ini diberikan untuk kenyamanan pengguna dokumen ini dan tidak dimaksudkan sebagai dukungan ISO terhadap produk tersebut.

G.2 Prosedur persiapan

Prosedur berikut harus diperhatikan sebelum melakukan uji ini.

- a) Substrat harus ditempatkan di atas latar hitam.
- b) Harus hati-hati untuk menjaga penempatan instrumen yang tepat diatas substrat.
- c) Untuk prosedur pengujian yang dijelaskan dalam G.3, filter uji dapat ditempatkan di atas jalan cahaya atau opsi lebih baik diatas kedua pencahayaan dan diambil selama hasil penyerapan ganda di daerah biru tidak meningkatkan signal-to-noise yang mempengaruhi kemampuan untuk membuat pengukuran berulang.
- d) Keterulangan instrumen harus diverifikasi sebelum uji.

G.3 Prosedur

Lakukan pengujian pengukuran berikut dengan instrumen pada moda pengukuran M2.

- a) Untuk pengukuran pertama, tempatkan filter uji (G.1.2) pada jalan cahaya iluminasi instrumen dan ukur faktor reflektans spektral dari Substrat 1, (WS) (G.1.1).
- b) Untuk pengukuran kedua, lepaskan filter uji dan ukur faktor reflektans spektral dari Substrat 1, (WS).
- c) Untuk pengukuran ketiga, tempatkan filter uji pada jalan cahaya iluminasi instrumen dan ukur faktor reflektans spektral Substrat 2 (kertas ber-OBA) (G.1.1).
- d) Untuk pengukuran keempat, lepaskan filter uji dan ukur faktor reflektans spektral Substrat 2 (kertas ber-OBA).

- e) Hitung faktor reflektans spektral Substrat 2 relatif terhadap Substrat 1, dengan filter uji disertakan, dengan membagi pengukuran ketiga dengan pengukuran pertama.
- f) Hitung faktor reflektans spektral Substrat 2 relatif terhadap Substrat 1, tanpa filter uji, dengan membagi pengukuran keempat dengan pengukuran kedua.
- g) Untuk menghapus kesalahan skala residual antara dua spektrum relatif untuk daerah panjang gelombang hijau ke merah, nilai rata-rata dari faktor reflektans spektral dalam kisaran 550 nm ke 670 nm dihitung untuk kedua kasus, menghasilkan M5 (nilai rata-rata spektrum relatif dengan filter uji) dan M6 (nilai rata-rata dari spektrum relatif tanpa filter uji).
- h) Setiap nilai dari spektrum relatif dengan filter uji [e)] kemudian dikalikan dengan faktor (M6 / M5).
- i) Kurangi spektrum relatif dengan [h)] dan tanpa filter uji [f)].
- j) Bandingkan faktor refleksi relatif pada 440 nm. Perbedaannya harus lebih kecil dari 0,03.

Lampiran H (informatif)

Kasus khusus: Penggunaan polarisasi

Meskipun refleksi permukaan-pertama merupakan komponen penting dari stimulus optik yang mencapai mata, ada kasus khusus di mana refleksi permukaan-pertama cenderung mengganggu efek yang hendak diukur. Pemasangan filter-filter polarisasi bersilang menghilangkan sebagian besar sinyal refleksi yang tidak diinginkan. Karena penyerapan UV yang relatif tinggi pada filter polarisasi, biasanya penggunaannya bersama dengan filter UV-cut, atau filter polarisasi yang juga berfungsi sebagai UV-cut.

Sebuah contoh klasik adalah kontrol densitometri atas ketebalan lapisan tinta pada cetak offset lembaran. Ternyata bahwa pemasangan filter polarisasi bersilang berfungsi untuk memperpanjang bagian linear dari densitas dibandingkan ketebalan lapisan tinta ke angka yang lebih tinggi, dan berfungsi untuk mengurangi pengaruh *dry-back* terhadap densitas. Efek yang sama teramati dengan pergeseran warna CIELAB karena pengeringan tinta; pergeseran tersebut berkurang secara signifikan jika menggunakan filter polarisasi. Juga, bagian linear dari ketergantungan dari lokus warna CIELAB terhadap ketebalan lapisan tinta diperpanjang. Hal ini berguna untuk pengendalian proses pada tahap persiapan saat mencetak dengan tinta berintensitas tinggi. Namun demikian perlu dicatat, kesesuaian dengan ISO 13656, bahwa untuk mengendalikan cetak produksi (produksi setelah cetakan OK), densitometri adalah pilihan utama.

Dalam formulasi tinta, korelasi antara koordinat warna yang diukur dan konsentrasi pewarna utama ditingkatkan, menjadikan akurasi formulasi tinta yang dihasilkan meningkat.

Hal ini lebih lanjut teramati bahwa dengan tinta bronzing, korelasi antara kesan visual dan koordinat warna yang diukur meningkat.

Meskipun efek menguntungkan filter polarisasi pada kasus-kasus khusus di atas, perlu dicatat bahwa untuk sebagian besar kasus lain dalam kolorimetri, penggunaan filter polarisasi adalah kontraproduktif. Ini termasuk, namun tidak terbatas pada, perbandingan antara spesimen *matt* dan spesimen mengkilap (sering terjadi dengan *proof* dan hasil cetak) dan pengukuran spesimen cetak yang telah mengalami proses *finishing*, dengan film laminating atau yang terdiri dari bahan plastik transparan yang dicetak di sisi belakangnya.

Lampiran I
(informatif)
Contoh perhitungan untuk mengubah pengukuran spektral menjadi nilai tristimulus

I.1 Umum

Dokumen ini menjelaskan metode untuk mengumpulkan sifat spektral dasar bahan atau dari sumber dan mengubah data spektra tabulasi menjadi nilai tristimulus CIE, koordinat ruang warna CIELAB dan menghitung perbedaan warna antara dua perhitungan seperti itu. Konversi semacam itu didefinisikan berdasarkan pada integrasi numerik dari fungsi stimulus warna $\Phi\lambda$, yang untuk mode objek kolorimetrik diperoleh dengan mengalikan data spektral atau transmitansi dengan jumlah radiasi (cahaya) yang tersedia menggunakan nilai-nilai dari tabel penyinaran sebagai: ditunjukkan dalam Rumus (I.1) dan (I.2).

$$\Phi(\lambda) = R(\lambda) \times S(\lambda) \tag{I.1}$$

atau

$$\Phi(\lambda) = T(\lambda) \times S(\lambda) \tag{I.2}$$

Fungsi stimulus warna kemudian dikombinasikan dengan pengamat standar atau fungsi pencocokan warna dan numerik terintegrasi dari 380 nm sampai 780 nm seperti yang ditunjukkan pada Rumus (I.3)

$$X = k \int_{380}^{780} \Phi(\lambda) \times \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y = k \int_{380}^{780} \Phi(\lambda) \times \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = k \int_{380}^{780} \Phi(\lambda) \times \bar{z}(\lambda) d\lambda \tag{I.3}$$

$$k = \frac{100}{k \int_{380}^{780} S(\lambda) \times \bar{y}(\lambda) d\lambda}$$

Sementara itu diasumsikan bahwa fungsi stimulus warna dan fungsi pencocokan warna bersifat analitik fungsi panjang gelombang, bentuk pasti dari fungsi-fungsi ini tidak diketahui secara umum. Jadi, itu fungsi biasanya didekati dengan sampling diskrit data pada jumlah ruang yang merata panjang gelombang di kisaran yang diinginkan (380 nm hingga 780 nm). Integrasi analitik, yang membutuhkan langkah sangat kecil, harus diperkirakan menggunakan integrasi numerik.

Lampiran ini memberikan contoh yang dikerjakan untuk satu set data spektral agar pengguna dokumen ini dapat memverifikasi bahwa mereka sebenarnya telah menerapkan standar dengan benar. Ini sudah menjadi praktik standar di Indonesia reproduksi grafis untuk tidak memasukkan data spektral dalam bahan referensi, profil dan karakterisasi set data. Meskipun data spektral seperti itu awalnya diperoleh, pencipta set akan menggunakan spektra untuk menghitung data tristimulus dan kemudian membuang spektra asli. Oleh karena itu satu tujuan Lampiran ini yang sekarang kami sediakan set data standar dalam format tabular yang dapat digunakan untuk memeriksa proses integrasi numerik dari kurva reflektansi, iluminant (D50) dan pengamat (warna 1931 fungsi yang cocok).

I.2 Prosedur perhitungan interval pengambilan komputasi untuk warna objek.

Ketika mengkonversi pantulan spektral atau faktor transmisi yang diukur menjadi nilai kolorimetrik, dibutuhkan untuk mendekati integrasi numerik unit nanometer dengan penjumlahan tertimbang sederhana. Dalam penjumlahan aljabar, konstanta normalisasi k , termasuk konstanta $\Delta\lambda = 5$ nm di kedua pembilang dan penyebut dari perhitungan sehingga, tidak seperti kasus untuk kolorimetrik *self-luminous* ukuran langkah pengukuran tidak perlu dimasukkan dalam penjumlahan. Prosedur ini sangat sederhana, jika data warna objek yang telah dikumpulkan pada interval 5 nm dengan tapis lolos spektral 5 nm. Lihat Rumus (I.4).

$$\begin{aligned}
 X &= k \sum_{380}^{780} R(\lambda) \times S(\lambda) \times \bar{x}(\lambda) \\
 Y &= k \sum_{380}^{780} R(\lambda) \times S(\lambda) \times \bar{y}(\lambda) \\
 Z &= k \sum_{380}^{780} R(\lambda) \times S(\lambda) \times \bar{z}(\lambda) \\
 k &= 100 / \sum_{380}^{780} S(\lambda) \times \bar{y}(\lambda)
 \end{aligned}
 \tag{I.4}$$

Keterangan :

- λ adalah panjang gelombang, dalam nanometer (nm);
- $R(\lambda)$ adalah faktor refleksi spektral pada panjang gelombang λ ;
- $S(\lambda)$ adalah distribusi spektral daya relatif pada panjang gelombang λ ;
- $\bar{x}(\lambda)$ adalah fungsi pencocokan warna spektral pada panjang gelombang λ untuk CIE X;
- $\bar{y}(\lambda)$ adalah fungsi pencocokan warna spektral pada panjang gelombang λ untuk CIE Y;
- $\bar{z}(\lambda)$ adalah fungsi pencocokan warna spektral pada panjang gelombang λ untuk CIE Z.

Untuk data yang dikumpulkan pada interval sampling 5 nm yang direkomendasikan dan bandwidth 5 nm, bobot dirujuk di sini hanyalah produk dari CIE illuminant, seperti D50 dan pengamat standar CIE, seperti fungsi colour – matching 1931 2°, diambil dari CIE Publikasi 15, Tabel T.1 dan T.4. Jika data spektral yang diukur dimulai pada panjang gelombang lebih besar dari 360 nm, kemudian semua nilai pembobotan untuk panjang gelombang kurang dari panjang gelombang yang diukur pertama harus dihitung, dijumlahkan dan ditambahkan dengan nilai bobot untuk panjang gelombang pertama yang diukur. Jika titik data spektral terakhir diukur adalah pada panjang gelombang kurang dari 780 nm, maka semua nilai bobot untuk panjang gelombang lebih besar dari panjang gelombang terakhir yang diukur harus dijumlahkan dan ditambahkan ke nilai bobot untuk yang terakhir diukur panjang gelombang.

Tabel I.1 - Data faktor reflektansi untuk satu set warna proses

Panjang gelombang (Nm)	C	M	Y	K	Panjang gelombang (Nm)	C	M	Y	K
380	27,20	20,03	19,32	2,00	600	5,91	38,34	92,33	2,15
385	32,18	19,32	18,73	2,00	605	5,31	51,65	92,38	2,17
390	37,06	18,53	17,85	2,00	610	4,94	63,35	92,55	2,19
395	41,28	17,79	16,77	2,00	615	4,91	72,66	92,74	2,21
400	44,52	17,28	15,68	2,00	620	4,99	79,65	93,05	2,24
405	47,14	17,25	14,50	2,00	625	5,06	84,44	93,37	2,27
410	49,50	17,81	13,23	2,00	630	5,09	87,39	93,72	2,30
415	51,59	18,87	12,06	2,00	635	5,25	89,38	94,12	2,33
420	53,88	20,14	11,09	2,00	640	5,47	91,03	94,54	2,36
425	57,44	21,35	10,18	2,00	645	5,91	92,21	94,94	2,39
430	60,59	22,32	9,42	2,00	650	6,52	92,96	95,37	2,43
435	64,74	23,12	8,68	2,00	655	7,16	93,42	95,69	2,47
440	70,35	23,59	8,00	2,00	660	7,84	93,63	95,61	2,51
445	74,85	23,59	7,63	2,00	665	8,45	93,59	95,31	2,55
450	77,49	23,36	7,97	2,00	670	8,81	93,49	95,05	2,59
455	78,95	22,60	8,70	2,00	675	8,77	93,35	94,85	2,64
460	79,80	21,25	9,46	2,00	680	8,58	93,33	94,69	2,68
465	80,51	19,56	9,96	2,00	685	8,24	93,67	94,82	2,73
470	80,70	17,68	9,87	2,00	690	7,82	94,22	95,22	2,78
475	80,33	15,79	9,65	2,00	695	7,35	94,71	95,74	2,83
480	79,81	14,05	10,08	2,00	700	6,50	95,08	96,20	2,88
485	78,76	12,55	12,28	2,01	705	5,90	95,45	96,57	2,93
490	77,11	11,18	17,43	2,01	710	5,50	95,78	96,92	2,98
495	75,35	9,98	26,40	2,01	715	5,58	96,08	97,26	3,04
500	73,38	8,86	38,89	2,01	720	6,15	96,30	97,50	3,09
505	70,81	7,71	52,84	2,01	725	7,13	96,52	97,67	3,14
510	67,66	6,58	65,42	2,01	730	8,50	96,78	97,85	3,20
515	63,73	5,50	74,53	2,01	735	10,39	97,05	98,02	3,25
520	59,16	4,67	80,16	2,02	740	13,39	97,17	98,23	3,31
525	54,10	4,15	83,61	2,02	745	18,57	97,33	98,49	3,36
530	48,84	3,80	85,86	2,02	750	26,44	97,53	98,63	3,42
535	43,61	3,63	87,54	2,02	755	37,10	97,79	98,63	3,48
540	38,52	3,61	88,95	2,03	760	49,39	98,06	98,71	3,53
545	33,39	3,58	89,91	2,03	765	61,07	98,18	98,92	3,59
550	28,36	3,42	90,54	2,04	770	70,32	98,15	99,08	3,64
555	23,25	3,07	90,96	2,04	775	77,31	98,19	99,13	3,70
560	18,46	2,79	91,26	2,05	780	83,08	98,48	99,27	3,75
565	14,60	2,69	91,36	2,06					
570	11,98	2,71	91,39	2,07	X	18,90	35,72	77,84	2,07
575	10,16	2,97	91,47	2,08	Y	28,54	18,16	83,64	2,09
580	8,79	4,06	91,69	2,09	Z	60,60	16,01	10,62	1,65

Tabel I.1 - Data faktor reflektansi untuk satu set warna proses (lanjutan)

Panjang gelombang (Nm)	C	M	Y	K	Panjang gelombang (Nm)	C	M	Y	K
585	7,72	7,36	91,93	2,10					
590	6,97	14,38	92,14	2,12					
595	6,45	25,22	92,32	2,13					

I.3 Prosedur perhitungan interval pengambilan sampel lebar untuk warna objek

Ketika menghitung nilai tristimulus dari data spektral dengan data interval 10 nm, maka numerik integrasi dapat diperkirakan dengan menggunakan metode bobot spektral ASTM. Metode ini berlaku fungsi pembobotan pada setiap panjang gelombang yang setara dengan aljabar dari interpolasi yang diukur data spektral ke interval 1 nm dan kemudian mengalikan data 1 nm dengan D50 1 nm CIE illuminant dan Nilai pengamat standar CIE diambil dari ISO 11664-1 dan ISO 11664-2. Contoh ditunjukkan untuk keduanya spektral reflektansi dan pembacaan transmitansi. Data yang tidak terukur diekstrapolasi sama dengan nilai terukur terakhir.

$$X = \sum_{\lambda=360}^{780} R(\lambda) \times WX(\lambda) \quad (I.5)$$

$$Y = \sum_{\lambda=360}^{780} R(\lambda) \times WY(\lambda) \quad (I.6)$$

$$Z = \sum_{\lambda=360}^{780} R(\lambda) \times WZ(\lambda) \quad (I.7)$$

Keterangan :

- λ adalah panjang gelombang, di nanometer (nm);
- $R(\lambda)$ adalah faktor refleksi spektral pada panjang gelombang λ ;
- $WX(\lambda)$ adalah faktor pembobotan pada panjang gelombang λ untuk CIE X;
- $WY(\lambda)$ adalah faktor pembobotan pada panjang gelombang λ untuk CIE Y;
- $WZ(\lambda)$ adalah faktor pembobotan pada panjang gelombang λ untuk CIE Z.

Perhitungan nilai X CIE, Y CIE dan Z CIE untuk data sampel transmisi sebagai berikut:

$$X = \sum_{380}^{780} T(\lambda) WX(\lambda) \quad (I.8)$$

$$Y = \sum_{380}^{780} T(\lambda) WY(\lambda) \quad (I.9)$$

$$Z = \sum_{380}^{780} T(\lambda) WZ(\lambda) \quad (I.10)$$

Keterangan :

- λ adalah panjang gelombang, di nanometer (nm);
- $R(\lambda)$ adalah faktor refleksi spektral pada panjang gelombang λ ;
- $WX(\lambda)$ adalah faktor pembobotan pada panjang gelombang λ untuk CIE X;
- $WY(\lambda)$ adalah faktor pembobotan pada panjang gelombang λ untuk CIE Y;
- $WZ(\lambda)$ adalah faktor pembobotan pada panjang gelombang λ untuk CIE Z.

CATATAN 1 Prosedur ini konsisten dengan ASTM E 308-13.

Tabel I.2 - Bobot spektral, $W(\lambda)$, untuk iluminan D50 dan 2° pengamat untuk menghitung tristimulus dari data pada interval 10 nm dan *bandwidth* 10 nm

Panjang gelombang (nm)	Bobot spektral		
	$W_X(\lambda)^a$	$W_Y(\lambda)^a$	$W_Z(\lambda)^a$
380	0,004	0,001	0,019
390	0,012	0,000	0,057
400	0,060	0,002	0,285
410	0,234	0,006	1,113
420	0,775	0,023	3,723
430	1,610	0,066	7,862
440	2,453	0,162	12,309
450	2,777	0,313	14,647
460	2,500	0,514	14,346
470	1,717	0,798	11,299
480	0,861	1,239	7,309
490	0,283	1,839	4,128
500	0,040	2,948	2,466
510	0,088	4,632	1,447
520	0,593	6,587	0,736
530	1,590	8,308	0,401
540	2,799	9,197	0,196
550	4,207	9,650	0,085
560	5,657	9,471	0,037
570	7,132	8,902	0,020
580	8,540	8,112	0,015
590	9,255	6,829	0,010
600	9,835	5,838	0,007
610	9,469	4,753	0,004
620	8,009	3,573	0,002
630	5,926	2,443	0,001
640	4,171	1,629	0,000
650	2,609	0,984	0,000
660	1,541	0,570	0,000
670	0,855	0,313	0,000
680	0,434	0,158	0,000
690	0,194	0,070	0,000
700	0,097	0,035	0,000
710	0,050	0,018	0,000
720	0,022	0,008	0,000
730	0,012	0,004	0,000
740	0,006	0,002	0,000
750	0,002	0,001	0,000
760	0,001	0,000	0,000
770	0,001	0,000	0,000
780	0,000	0,000	0,000

Tabel I.2 - Bobot spektral, $W(\lambda)$, untuk iluminan D50 dan 2° pengamat untuk menghitung tristimulus dari data pada interval 10 nm dan *bandwidth* 10 nm (lanjutan)

Panjang gelombang (nm)	Bobot spektral		
	$W_X(\lambda)^a$	$W_Y(\lambda)^a$	$W_Z(\lambda)^a$
Checksum	96,421	99,997	82,524
Titik putih	$X_n = 96,422$	$Y_n = 100,000$	$Z_n = 82,521$
^a Nilai-nilai fungsi pembobotan ini diekstrak, dengan izin, dari ASTM E 308-13, Tabel 5.9.			

Ada perbedaan kecil antara nilai Checksum dan nilai titik putih karena numeric pembulatan. Perbedaan-perbedaan ini adalah urutan besarnya lebih kecil dari resolusi pengukuran sistem dan dianggap tidak penting untuk perhitungan. Saat menghitung koordinat CIELAB, disarankan untuk menggunakan nilai titik putih dan bukan nilai Checksum untuk X_n , Y_n dan Z_n .

CONTOH Data reflektansi disediakan dari 400 nm hingga 700 nm pada bandwidth dan interval 10 nm. Pertama, jumlah bobot yang terkandung dalam Tabel I.2 dari 380 nm hingga 390 nm dan dari 710 nm hingga 780 nm untuk $W_X(\lambda)$, $W_Y(\lambda)$, dan $W_Z(\lambda)$ secara individual dan menambahkannya ke nilai masing-masing untuk 400 nm dan 700 nm. Masukkan data spektral dan bobot ke dalam *spreadsheet* atau program serupa dan melaksanakan perkalian panjang gelombang. Hasil dari penjumlahan tersebut merupakan nilai untuk *CIE X*; untuk *CIE Y*, untuk *CIE Z*

Contoh perhitungan di bawah ini menghitung nilai XYZ dan $L^*a^*b^*$ dari pengukuran yang diambil pada interval 10 nm dengan *bandwidth* 10 nm (400 nm sampai 700 nm). Spesimen yang diukur adalah tinta standard proses cetak offset (cyan, magenta, kuning dan hitam).

Tabel I.3 - 10 nm data faktor refleksi untuk satu set warna proses

Panjang gelombang (Nm)	C	M	Y	K	Panjang gelombang [Nm]	C	M	Y	K
400	43,56	16,85	15,39	1,91	570	11,71	2,75	89,10	1,67
410	48,24	17,27	12,86	1,83	580	8,59	4,04	89,40	2,25
420	51,95	19,65	10,99	2,04	590	6,78	13,46	89,86	1,78
430	58,96	21,63	9,27	1,97	600	5,83	37,56	90,14	1,88
440	69,12	23,30	7,91	2,01	610	4,75	62,00	90,23	2,00
450	75,82	23,05	7,86	2,12	620	4,86	77,82	90,89	2,06
460	77,85	20,69	9,15	1,85	630	4,90	85,23	91,53	2,16
470	78,96	17,24	9,63	2,00	640	5,29	88,99	92,36	2,45
480	77,82	13,56	9,81	1,70	650	6,37	90,54	92,85	2,15
490	75,39	10,90	16,77	1,91	660	7,63	91,30	93,12	2,39
500	71,77	8,79	37,79	2,21	670	8,71	91,65	93,11	2,38
510	66,17	6,57	64,58	2,15	680	8,41	91,02	92,41	2,83
520	57,81	4,47	78,10	1,90	690	7,52	91,98	92,82	2,65
530	47,62	3,66	83,66	2,00	700	6,17	92,77	93,96	2,71
540	37,67	3,55	86,94	2,11					
550	27,81	3,52	88,46	2,25	X	18,46	34,87	75,97	1,95
560	18,02	2,65	89,29	1,88	Y	27,89	17,73	81,66	2,01
					Z	59,22	15,67	10,38	1,63

Lampiran J
(normatif)
Perhitungan CIELAB perbedaan warna total ($\Delta E^* ab$)

CIE 1976 rumus perbedaan warna diberikan dalam Rumus (J.1) sampai Rumus (J.7).

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (J.1)$$

$$\Delta L^* = L_1^* - L_2^* \quad (J.2)$$

$$\Delta a = a_1^* - a_2^* \quad (J.3)$$

$$\Delta b^* = b_1^* - b_2^* \quad (J.4)$$

$$\Delta C_{ab}^* = C_{ab1}^* - C_{ab2}^* \quad (J.5)$$

$$\Delta h_{ab} = h_{ab1} - h_{ab2} \quad (J.6)$$

$$\Delta H_{ab}^* = k \sqrt{(\Delta E_{ab}^*)^2 + (\Delta L^*)^2 + (\Delta C_{ab}^*)^2}; k = -1 \text{ if } \Delta h_{ab} < 0, k = 1 \text{ tempat lain}; \quad (J.7)$$

Keterangan :

ΔE_{ab}^* adalah perbedaan warna CIE 1976 L^* , a^* , b^*

ΔL^* adalah perbedaan CIE L^* antara spesimen 1 dan 2;

Δa^* adalah perbedaan CIE 1976 a^* antara spesimen 1 dan 2;

Δb^* adalah perbedaan dari CIE 1976 b^* antara spesimen 1 dan 2;

ΔC_{ab}^* adalah perbedaan CIE 1976 a , b kroma antara spesimen 1 dan 2;

ΔH_{ab}^* adalah perbedaan CIE 1976 a , b metrik rona antara spesimen 1 dan 2;

Δh_{ab} adalah perbedaan CIE 1976 a , b sudut rona, di radian, antara spesimen 1 dan 2.

Lampiran K
(normatif)
Perhitungan jumlah perbedaan warna CIEDE2000 (ΔE_{00})

Prosedur yang direkomendasikan untuk perhitungan perbedaan warna yang kecil adalah penggunaan rumus CIEDE2000 seperti yang dijelaskan dalam CIE Publication 15: 2004 dan CIE Publication 142. Dan juga disarankan untuk dapat melihat website CIE (<http://www.cie.co.at>) untuk publikasi terbaru.

Faktor parametrik untuk variasi kondisi eksperimental, k_L, k_C, k_H adalah 1, 1, 1 untuk kondisi berikut: Iluminan standar D65, pencahayaan 1.000 lx, sampel objek berwarna yang homogen kontak langsung pada bagian tepi, dengan perbedaan warna total sesuai CIE 1976 tidak melebihi 5, sudut pandang sampel lebih besar dari 4° , sampel tercetak di latar belakang warna abu-abu netral dengan $L^* = 50$ yang seragam.

Saat ini, tidak ada faktor parametrik yang ditentukan untuk kondisi pengamatan P1 dalam ISO 3664, yaitu 2.000 lx dan D50, yang hampir selalu digunakan dalam teknologi grafika. Pada periode interim, sampai hasil eksperimen yang lebih baik tersedia, pilihan 1, 1, 1 dianggap sebagai solusi terbaik.

Rumus perbedaan warna total CIEDE2000 mengoreksi ketidakseragaman ruang warna CIELAB untuk perbedaan warna yang kecil pada kondisi acuan. Perbaikan pada perhitungan perbedaan warna total untuk evaluasi perbedaan warna industri dilakukan melalui koreksi untuk efek ketergantungan terhadap kecerahan, kroma, rona dan interaksi rona-kroma pada perbedaan warna yang terlihat. Penskalaan sepanjang sumbu a^* dimodifikasi untuk mengoreksi ketidakseragaman yang diamati dengan warna abu-abu. Rekomendasi yang dihasilkan untuk perbedaan warna total CIEDE2000 ΔE_{00} dan perhitungannya adalah sebagai berikut, dikutip dari CIE Publication 15: 2004.

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left[\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right]^2 + \left[\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right]^2 + \left[\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right]^2 + R_T \left[\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right] \left[\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right]} \tag{K.1}$$

Keterangan :

- $\Delta L'$ adalah perbedaan kecerahan tertransformasi antara spesimen 1 dan 2 [lihat Rumus (K.2)];
- $\Delta C'$ Adalah perbedaan kroma tertransformasi antara spesimen 1 dan 2;
- $\Delta H'$ adalah perbedaan rona tertransformasi antara spesimen 1 dan 2;
- R_T adalah fungsi rotasi [lihat Rumus (K.11)];
- k_L, k_C dan k_H adalah faktor parametrik untuk variasi dalam kondisi eksperimental;
- S_L, S_C dan S_H adalah fungsi pembobotan [lihat Rumus (K.7) hingga Rumus (K.9)].

Pertama, modifikasi lokal dari skala sepanjang sumbu a^* dibuat yang paling signifikan untuk warna pada kroma rendah.

$$L' = L^* \quad (K.2)$$

$$a' = a^* (1 + G) \quad (K.3)$$

$$b' = b^* \quad (K.4)$$

dengan

$$G = 0,5 \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\bar{C}_{ab}^{*7}}{\bar{C}_{ab}^{*7} + 25^7}} \right\} \quad (K.5)$$

dan

$$\bar{C}_{ab}^{*7} = 0,5 (C_{ab1}^* + C_{ab2}^*) \quad (K.6)$$

Keterangan :

L' adalah kecerahan tertransformasi;

a' adalah koordinat a^* tertransformasi (merah-hijau oponen);

b' adalah koordinat b^* tertransformasi (kuning-biru);

G adalah besaran yang bergantung pada kroma rata-rata spesimen 1 dan 2.

Perubahan nilai L' , a' , b' yang kemudian digunakan untuk menghitung sudut rona, kroma dan kecerahan. Besaran yang baru ini ditunjukkan dengan tanda prima ('). Dengan hasil tersebut, fungsi bobot dan fungsi rotasi ditentukan dengan menggunakan Rumus (K.7), (K.8), (K.9) dan (K.10).

$$S_L = 1 + \frac{0,015(\bar{L}' - 50)^2}{\sqrt{20 + (\bar{L}' - 50)^2}} \quad (K.7)$$

$$S_C = 1 + 0,045\bar{C}' \quad (K.8)$$

$$S_H = 1 + 0,015\bar{C}'T \quad (K.9)$$

dengan

$$T = 1 - 0,17 \cos(\bar{h}' - 30^\circ) + 0,24 \cos(2\bar{h}') + 0,32 \cos(3\bar{h}' + 6^\circ) - 0,20 \cos(4\bar{h}' - 63^\circ) \quad (K.10)$$

Keterangan :

S_L , S_C dan S_H adalah fungsi bobot;

\bar{L}' adalah rata-rata kecerahan tertransformasi untuk spesimen 1 dan 2;

\bar{C}' adalah rata-rata kroma tertransformasi untuk spesimen 1 dan 2;

T adalah besaran yang bergantung pada rata-rata sudut rona tertransformasi untuk spesimen 1 dan 2;

\bar{h}' adalah rata-rata dari sudut rona tertransformasi untuk spesimen 1 dan 2.

CATATAN Metode yang diberikan di sini untuk menghitung rata-rata sudut rona berbeda dari ISO 11.664-6. Untuk perbedaan sudut lebih besar dari 180°, ISO 11664-6 menyediakan dua kasus tambahan untuk memastikan masuk akal secara visual daripada kontinuitas matematika. Perbedaan ini sebagian besar dapat diabaikan tetapi untuk beberapa kasus tidak bisa. Misalnya, tiga warna (Lab₁= [90,00 -1,49 0293]; Lab₂= [60,00 68,00 -13,35] dan Lab₃= [60,00 67,00 -13,40]) memiliki ΔE₀₀(1vs.2) = 30,28, ΔE₀₀(1vs.3) = 30,25 dan perbedaan warna antara 2 dan 3 dari ΔE₀₀(2vs.3) = 0,26. Dengan menggunakan metode yang didefinisikan dalam ISO 11664-6, perbedaan ΔE₀₀(1vs.2) = 37,78, yang tidak kontinu dan akan menimbulkan masalah, misalnya, dalam algoritma optimasi atau ketika menghitung panjang jalur di ruang warna.

Akhirnya, fungsi rotasi dihitung dari Rumus (K.11), (K.12) dan (K.13):

$$RT = -R_C \sin(2\Delta\theta) \tag{K.11}$$

dengan

$$\Delta\theta = 30^\circ \exp \left\{ -\left[\frac{(\bar{h}' - 275^\circ)}{25} \right]^2 \right\} \tag{K.12}$$

dan

$$R_C = 2 \sqrt{\frac{\bar{C}'^2}{\bar{C}'^2 + 25^2}} \tag{K.13}$$

Keterangan :

- RT adalah fungsi rotasi;
- Δθ adalah perbedaan sudut hue tergantung pada rata-rata sudut rona tertransformasi untuk specimen 1 dan 2;
- h' adalah rata-rata sudut rona tertransformasi untuk spesimen 1 dan 2;
- RC adalah besaran yang bergantung pada rata-rata kroma tertransformasi untuk spesimen 1 dan 2;
- C' adalah rata-rata kroma tertransformasi untuk spesimen 1 dan 2.

Tabel K.1 - Data contoh untuk perhitungan CIEDE2000

Pasangan sampel	1		2		3	
Koordinat warna	STD	BAT	STD	BAT	STD	BAT
X	19,41	19,55	22,48	22,58	29,00	28,77
Y	28,41	28,64	31,60	31,37	29,58	29,74
Z	11,58	10,58	38,48	36,79	35,75	35,60
L^*	60,26	60,46	63,01	62,82	61,29	61,43
a^*	-34,01	-34,18	-31,10	-29,79	3,72	2,25
b^*	36,27	39,44	-5,87	-4,09	-5,39	-4,96
C^*	49,72	52,19	31,64	30,07	6,55	5,45
h^*	133,16	130,91	190,68	187,81	304,61	294,37
L^* ave	60,36		62,91		61,36	
C^* ave	50,95		30,86		6,00	
G'	0,0017		0,0490		0,4966	
a'	-34,07	-34,23	-32,62	-31,25	5,57	3,36
C'	49,76	52,22	33,14	31,52	7,75	5,99
h'	133,21	130,96	190,20	187,45	315,92	304,14
C' ave	50,99		32,33		6,87	
h' ave	132,08		188,82		310,03	
DL^*	0,21		-0,19		0,14	
DC'	2,46		-1,62		-1,75	
DH'	-2,00		-1,55		-1,40	
SL	1,1427		1,1831		1,1586	
SC	3,2946		2,4549		1,3092	
SH	1,9951		1,4560		1,0717	
RC	1,9932		1,8527		0,0218	
$D\theta$	0,0000		0,0002		4,2110	
RT	0,0000		0,0000		-0,0032	
T	1,3010		0,9402		0,6952	
ΔE_{00}	1,26		1,26		1,87	

Lampiran L (informatif) Dampak pengukuran tapis lolos pada jumlah spektral

L.1 Latar belakang umum

Versi dokumen ini merekomendasikan bahwa data yang diukur pada interval 5 nm dengan fungsi respon spektral segitiga memiliki *bandwidth* 5 nm pada titik setengah daya. Alasan utama untuk memperkenalkan perubahan ini adalah menyesuaikan sedekat mungkin ke ISO 11664-3 untuk meminimalkan kesalahan dalam perhitungan tristimulus karena kesalahan tapis lolos. Versi terdahulu dari dokumen ini tidak mengatasi masalah ini karena kesalahan untuk aplikasi grafika umumnya sederhana (<1 dE) untuk tapis lolos 10 nm. Namun, kesalahan sebesar ini sekarang mungkin menjadi perhatian dalam beberapa aplikasi.

Penelitian dalam dua dekade terakhir telah mengkuantifikasi dampak tapis lolos instrumen pada akurasi perhitungan tristimulus. Komite dari CIE dan ASTM telah mempelajari pendekatan komputasi untuk mengatasi masalah ini. Namun, saat ini tidak ada rekomendasi CIE yang universal dan begitu pula dengan “koreksi tapis lolos”, yang telah direkomendasikan dalam versi terakhir dari ASTM standar (E308, E2022, E2729), bukan merupakan persyaratan ketat dalam revisi dari dokumen ini.

Tujuan dari lampiran ini adalah untuk mengidentifikasi acuan teknis atas koreksi kesalahan tapis lolos agar versi berikutnya dari dokumen ini dapat mencakup persyaratan normatif. Pada akhirnya, tersebar luasnya adopsi koreksi tapis lolos bisa memiliki dampak yang menguntungkan pada kesepakatan antar-instrumen.

L.2 Mengoreksi efek tapis lolos instrume

Ada dua pendekatan umum untuk mengatasi dampak tapis lolos instrumen pada data spektral yang sudah diukur.

CIE TC2-60 baru-baru ini menerbitkan sebuah laporan teknis, CIE 214 ^[29] yang memberikan pengenalan menyeluruh untuk koreksi tapis lolos dan derivasi dari algoritma “rata-rata tertimbang” untuk menghapus komplikasi pada pengukuran spektral data. Metode untuk tipe ini sekarang direkomendasikan dalam ASTM E2729 ^[18] dan mengasumsikan fungsi tapis lolos segitiga dengan interval sampling sama dengan bandwidth FWHM. CIE 214 menggeneralisasi dan memperluas formulasi tipe ini untuk menyertakan fungsi tapis lolos yang acak.

CIE TC1-71 telah menyelidiki metode komputasi^{[30][31][32]} untuk menghitung nilai tristimulus dimana koreksi tapis lolos inheren pada tabel bobot. Metode ini berlaku selama data spektral terkoreksi tidak diperlukan untuk tujuan lain. Sebelum 2010, ASTM E308 merekomendasikan penggunaan faktor bobot teroptimasi, yang dikenal sebagai “Tabel 6”, untuk menghitung nilai tristimulus dari data spektral tidak terkoreksi. CIE TC1-71 saat ini bekerja untuk memperluas metode ini di luar asumsi segitiga yang umum untuk menyertakan fungsi tapis lolos yang acak.

Tak satu pun dari dua metode ini dapat sepenuhnya mengoreksi kesalahan terkait tapis lolos untuk semua kemungkinan spesimen berwarna dan kondisi pengukuran. Cara yang paling diandalkan untuk mendapatkan nilai tristimulus yang benar adalah dengan menggunakan instrumen dengan tapis lolos sempit dan interval sampling seperti yang direkomendasikan dalam versi dokumen ini. Namun, dengan asumsi yang wajar, koreksi tapis lolos secara matematis dapat membantu meminimalkan kesalahan dalam menghitung daerah di bawah fungsi stimulus warna (sumber produk, pengamat dan objek) yang terjadi ketika menggunakan tapis lolos yang lebih lebar pada instrumen spektral.

L.3 Kesalahan umum yang berhubungan dengan ketergantungan tapis lolos dalam data grafika

Simulasi para peneliti menggunakan basis data spektral dari data grafika telah mengungkapkan besarnya kesalahan yang mungkin terjadi karena ketergantungan pada tapis lolos. Berikut ini statistik kesalahan yang dilaporkan di Referensi [33] membandingkan perhitungan tristimulus D50 per ISO 11664-3, untuk data 1 nm dari sampel warna Pantone 1124 dengan perhitungan pada 5 nm, 10 nm dan 20 nm dimana interval data dan tapis lolos pertama kali melebar menggunakan metode yang didefinisikan dalam Lampiran E. Untuk data ini, pengurangan kesalahan menggunakan metode yang dijelaskan di bagian sebelumnya terbukti cukup efektif.

Tabel L.1 - Pengaruh tapis lolos dan interval sampling pada pengukuran warna

Interval dan tapis lolos	Tidak ada koreksi tapis lolos, Perhitungan XYZ per CIE 15		Koreksi ASTM E2729, Perhitungan XYZ per ASTM E308		Bobot tristimulus dioptimalkan dan perhitungan XYZ per referensi [32]	
	ΔE^* avg	ΔE^* max	ΔE^* avg	ΔE^* max	ΔE^* avg	ΔE^* max
5 nm	0,062	0,240	0,005	0,008	0,0001	0,0002
10 nm	0,269	1,010	0,010	0,039	0,002	0,004
20 nm	1,147	4,308	0,151	0,533	0,032	0,140

Kebanyakan spectrophotometers modern untuk grafika menyediakan tapis lolos fisik 10 nm sampai 20 nm. Simulasi ini menunjukkan bahwa adopsi universal koreksi tapis lolos dapat berkontribusi untuk meningkatkan akurasi, serta kesesuaian antar-instrumen dan antar-model.

Meskipun sudah di luar lingkup dokumen ini, perlu dicatat bahwa, untuk iluminan dengan 'spike' spektral sangat sempit seperti lampu fluorescent, pengurangan kesalahan melalui koreksi tapis lolos mungkin tidak seefektif seperti untuk perhitungan D50 yang ditampilkan di Tabel L.1.

Bibliografi

- [1] ISO 5-3, *Photography and graphic technology — Density measurements — Part 3: Spectral conditions*
- [2] ISO 2471:2008, *Paper and board — Determination of opacity (paper backing) — Diffuse reflectance method*
- [3] ISO 5631-3, *Paper and board — Determination of colour by diffuse reflectance -- Part 3: Indoor illumination conditions (D50/2 degrees)*
- [4] ISO 12647 (all parts), *Graphic technology — Process control for the production of halftone colour separations, proof and production prints*
- [5] ISO 13656, *Graphic technology — Application of reflection densitometry and colorimetry to process control or evaluation of prints and proofs*
- [6] ISO 14981, *Graphic technology — Process control — Optical, geometrical and metrological requirements for reflection densitometers for graphic arts use*
- [7] ISO 15790:2004, *Graphic technology and photography — Certified reference materials for reflection and transmission metrology — Documentation and procedures for use, including determination of combined standard uncertainty*
- [8] ISO 22028-1, *Photography and graphic technology — Extended colour encodings for digital image storage, manipulation and interchange — Part 1: Architecture and requirements*
- [9] ISO Guide 30:1992, *Terms and definitions used in connection with reference materials*
- [10] ISO/IEC Guide 99, *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*
- [11] IEC 60050-845:1987, *International Electrotechnical Vocabulary Lighting*
- [12] CIE Publication 142:2001, *Improvement to industrial colour-difference evaluation*
- [13] CIE Publication 163:2004, *The effects of fluorescence in the characterization of imaging media*
- [14] CIE Publication 182:2007, *Calibration methods and photoluminescent standards for total radiance factor measurements*
- [15] CIE Publication DS 014-3.1, *Colorimetry — Part 3 CIE tristimulus values*
- [16] ASTM E 308-13, *Standard Practice for Computing the Colors of Objects by Using the CIE System*
- [17] ASTM D 2244, *Standard practice for color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates*
- [18] ASTM E 2729-13, *Standard Practice for Rectification of Spectrophotometric Bandpass Differences*
- [19] Berns R.S., & Petersen K.H. Empirical modeling of systematic spectrophotometric errors. *Color Res. Appl.* 1988, **13** (4) p. 243
- [20] Hsia J.J. *Optical Radiation Measurements: The Translucent Blurring Effect — Method of Evaluation and Estimation.* NBS Technical Note 594-12, Oct. 1976
- [21] McDowell. David Q., Chung, Robert, Kong, Lingjun. *Correcting Measured Colorimetric Data for Differences in Backing Material.* TAGA Proceedings, 2005, pp 302-309

- [22] Rich D.C., & Martin D. Improved model for improving the inter-instrument agreement of spectrophotometers. *Anal. Chim. Acta.* 1999, **380** pp. 263–276
- [23] Spooner D.L. Translucent blurring errors in small area reflectance spectrophotometer and densitometer measurements, TAGA Proc., 1991, pp. 130-143
- [24] Imura K New method for measuring an optical property of a printed sample on FWA-treated paper. *Color Research and Application.*, 32,2007, pp. 449–462.
- [25] Imura K. Practical method for measuring printed colors on FWA-treated paper. *Color Res. Appl.* 2012, 37 pp. 168-175
- [26] Billmeyer F.W., & Chen Y. Adjustment method of fluorescent sample measurement. *Color Res. Appl.* 1984, **9** pp. 175–178
- [27] Ohno Y. A Flexible Bandpass Correction Method for Spectrometers Proceedings. AIC Colour 05 - 10th Congress of the International Colour Association, ed. by, J.L. Nieves and J.H-Andres, pp. 697-700, May 8-13, 2005, Granada, SP
- [28] Gardner J.L. Bandwidth correction for LED chromaticity. *Color Res. Appl.* 2006, **31** pp. 374–380
- [29] CIE Publication 214:2014, Effect of Instrumental Bandpass Function and Measurement Interval on Spectral Quantities.
- [30] Li C.J. *Toward a unified method for computing tristimulus values.* ISCC, 2014
- [31] Li, CJ, *TC1-171 Perspective on Computing Tristimulus Values.* IS&T Color Imaging Conference, 2008
- [32] Li C.J. „Testing the accuracy of methods for the computation of CIE tristimulus values using weighting tables. *Color Res. Appl.* 2016, 41 (2) pp. 125–142
- [33] Rodriguez M.A. Impact of instrumental bandpass on spectral quantities in graphic arts, Proceedings of 2016 TAGA Conference, Printing Industries of America, www.printing.org/TAGA, 2016.
- [34] ISO 8254-1:2009, *Paper and board — Measurement of specular gloss — Part 1: 75 degree gloss with a converging beam, TAPPI method*
- [35] ISO 8254-2, *Paper and board — Measurement of specular gloss — Part 2: 75 degree gloss with a parallel beam, DIN method*
- [36] ISO 11664-1:2007, *Colorimetry — Part 1: CIE standard colorimetric observers*
- [37] ISO 11664-2:2007, *Colorimetry — Part 2: CIE standard illuminants*
- [38] ISO/CIE 11664-6:2014, *Colorimetry — Part 6: CIEDE2000 Colour-difference formula*

Informasi pendukung terkait perumus standar

[1] Komtek perumus SNI

Komite Teknis 37-01 Teknologi Grafika

[2] Susunan keanggotaan Komtek perumus SNI

Ketua : Clay Wala
Sekretaris : Titin Resmiatin
Anggota : 1. Herman Pratomo
2. Fathoni Tamzis
3. Bambang Harjono
4. Marchadi Wira Arya
5. Muhammad Said
6. Ike Siti Fatnasari
7. Yohanes Tan Handoko
8. Budi Triwinanta
9. Teguh Sardjono Muktiwidjaja

[3] Konseptor rancangan SNI

Muhammad Said

[4] Sekretariat pengelola Komtek perumus SNI

Direktorat Pengembangan Standar Infrastruktur, Penilaian Kesesuaian, Personal, dan
Ekonomi Kreatif
Badan Standardisasi Nasional