

Kertas dan karton – Cara uji ketahanan lengkung – Bagian 2: Alat uji tipe Taber

Paper and board - Determination of bending resistance - Part 2: Taber-type tester

(ISO 2493-2:2011, IDT)

© ISO 2011 – All rights reserved

© BSN 2018 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	ii
Pendahuluan.....	iv
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Prinsip.....	3
5 Peralatan	3
6 Kalibrasi.....	7
7 Pengambilan contoh.....	7
8 Pengkondisian contoh	7
9 Persiapan contoh uji	7
10 Prosedur	7
11 Perhitungan	9
12 Laporan hasil uji.....	11
Lampiran A (informatif) Presisi	13
Bibliografi.....	17

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) ISO 2493-2:2011 dengan judul *Kertas dan karton – Cara uji ketahanan lengkung - Bagian 2: Alat uji tipe Taber* merupakan adopsi identik dari ISO 2493-2:2011, *Paper and board: Determination of bending resistance – Part 2: Taber-type tester*, dengan metode terjemahan dua bahasa (*bilingual*) dan ditetapkan oleh BSN pada tahun 2018. Standar ini merevisi SNI 0935.1:2009, *Kertas dan karton – Cara uji kekakuan – Bagian 1: Metode Taber*. Revisi ini juga dimaksudkan untuk harmonisasi dengan standar internasional yang berlaku.

Apabila pengguna menemukan keraguan dalam standar ini maka disarankan untuk melihat standar aslinya yaitu ISO 2493-2:2011.

Standar ini merupakan bagian adopsi dari seri ISO 2493, *Paper and board — Determination of bending resistance*, yang terdiri dari dua bagian, yaitu:

- Bagian 1: Defleksi pada kecepatan tetap
- Bagian 2: Alat uji tipe Taber

Untuk tujuan ini telah dilakukan perubahan editorial, yaitu tanda spasi telah diganti dengan tanda titik untuk penulisan bilangan.

SNI ini disusun sesuai dengan ketentuan yang diberikan dalam:

- a) Peraturan BSN No.12 Tahun 2018 tentang *Perubahan Atas Peraturan Badan Standardisasi Nasional Nomor 1 Tahun 2018 tentang Pedoman Tata Cara Penomoran Standar Nasional Indonesia*.
- b) Peraturan BSN No. 2 Tahun 2018 tentang *Pedoman Adopsi Standar dan Publikasi Internasional menjadi SNI*.
- c) Peraturan Kepala BSN No. 4 Tahun 2016 tentang *Pedoman Penulisan Standar Nasional Indonesia*.

Pada saat SNI ini dipublikasikan, terdapat standar ISO dalam acuan normatif yang telah diadopsi menjadi Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu:

- a) Acuan normatif ISO 186:2002, *Paper and board - Sampling to determine average quality* telah diadopsi menjadi SNI ISO 186:2015, *Kertas dan karton – Pengambilan contoh untuk menentukan kualitas rata-rata*;
- b) Acuan normatif ISO 187:1990, *Paper, board and pulps — Standard atmosphere for conditioning and testing and procedure for monitoring the atmosphere and conditioning of samples* telah diadopsi menjadi SNI ISO 187:2011, *Kertas, karton dan pulp – Ruang standar untuk pengkondisian dan pengujian serta prosedur pemantauan ruang dan pengkondisian contoh*.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 85–01 Teknologi Kertas dan telah dikonsensuskan di Bogor pada tanggal 27 September 2018 sampai dengan 29 September 2018 yang dihadiri oleh wakil-wakil dari pemerintah, pelaku usaha, konsumen, tenaga ahli, pakar di bidang pulp dan kertas, dan institusi terkait lainnya.

SNI ini telah melalui tahap jajak pendapat pada tanggal 20 Oktober 2018 sampai dengan 19 November 2018 dengan hasil akhir disetujui menjadi SNI.

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

Dalam ISO 2493:1992, terdapat dua cara pengujian ketahanan lengkung yang digabungkan dalam standar yang sama meskipun kedua cara tersebut sangatlah berbeda.

Salah satu cara mengenai defleksi sejumlah contoh uji dengan melawan arah defleksi; cara ini dijelaskan sesuai ISO 2493-1.

Sedangkan cara lainnya menggunakan alat uji tipe Taber, dengan contoh dimasukkan dan didefleksikan ke arah atas dan selanjutnya, tanpa mengubah contoh uji, didefleksikan ke arah yang berlawanan. Cara ini dijelaskan dalam SNI ISO 2493-2 ini. Metode ini mengacu pada TAPPI T 489 om-08^[4].

Introduction

In ISO 2493:1992, two principles for determining the bending resistance were incorporated in the same standard although the two principles are very different.

One principle involved the deflection of an equal number of test pieces with opposing surfaces towards the direction of deflection; this principle is described in ISO 2493-1.

The other principle used a Taber-type tester, where the test piece is inserted and deflected to the top side and then, without changing the test piece, it is deflected in the opposite direction. This principle is described in this SNI ISO 2493-2. The method is based on TAPPI Test Method T 489 om-08^[4].

Kertas dan karton - Cara uji ketahanan lengkung – Bagian 2: Alat uji tipe Taber

1 Ruang lingkup

SNI ISO 2493-2 ini menetapkan prosedur untuk mengukur ketahanan lengkung kertas dan karton.

SNI ISO 2493-2 ini digunakan untuk menentukan momen lengkung yang diperlukan untuk mendefleksikan salah satu ujung contoh uji yang dijepit secara vertikal pada lebar 38 mm dengan sudut 15° saat diberikan beban pada panjang lengkung 50 mm. Untuk karton yang cenderung berubah bentuk secara permanen jika dilengkungkan hingga 15°, sudut setengah lengkung, yaitu 7,5°, dapat digunakan. Ketahanan lengkung dinyatakan dalam momen lengkung dan parameter yang ditetapkan oleh pabrik pembuat alat uji tipe Taber.

Metode ini terutama digunakan untuk kertas yang memiliki gramatur tinggi.

CATATAN SNI ISO 2493-2 ini tidak mencakup versi rentang-rendah dari alat uji tipe Taber yang menggunakan panjang lengkung 10 mm (Referensi [5]).

2 Acuan normatif

Dokumen acuan berikut sangat diperlukan untuk penerapan dokumen ini. Untuk acuan bertanggal, hanya edisi yang dikutip yang berlaku. Untuk acuan tidak bertanggal, edisi terbaru dari dokumen yang diacu (termasuk amandemennya).

ISO 186, *Paper and board — Sampling to determine average quality*

ISO 187, *Paper, board and pulps — Standard atmosphere for conditioning and testing and procedure for monitoring the atmosphere and conditioning of samples*

3 Istilah dan definisi

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

3.1

momen lengkung

M

momen yang diperlukan untuk melengkungkan contoh uji berbentuk persegi panjang yang dijepit pada ujungnya, momen diukur dalam kondisi yang ditentukan pada SNI ISO 2493-2 ini

CATATAN Momen lengkung dinyatakan dalam milinewton meter (mN.m).

3.2

ketahanan lengkung

B

momen lengkung rata-rata yang diperlukan untuk melengkungkan contoh uji berbentuk persegi panjang yang ditahan pada ujung penjepit, momen lengkung diukur dalam kondisi yang ditetapkan dalam SNI ISO 2493-2 ini

CATATAN Ketahanan lengkung dinyatakan dalam milinewton meter (mN.m).

Paper and board - Determination of bending resistance – Part 2: Taber-type tester

1 Scope

This SNI ISO 2493-2 specifies procedures to measure the bending resistance of paper and paperboard.

This SNI ISO 2493-2 is used to determine the bending moment required to deflect the free end of a 38 mm wide vertically clamped specimen by 15° when the load is applied at a bending length of 50 mm. For boards that tend to be permanently deformed if bent through 15°, the half bending angle, i.e. 7,5°, can be used. The bending resistance is expressed in terms of the bending moment and parameters set by the manufacturer of the Taber-type tester.

The method is primarily used for papers with a high grammage.

NOTE This SNI ISO 2493-2 does not cover the low-range version of the Taber-type instrument that uses a bending length of 10 mm (Reference [5]).

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 186, *Paper and board — Sampling to determine average quality*

ISO 187, *Paper, board and pulps — Standard atmosphere for conditioning and testing and procedure for monitoring the atmosphere and conditioning of samples*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

bending moment

M

moment required to bend a rectangular test piece clamped at one end, the moment being measured under the conditions specified in this SNI ISO 2493-2

NOTE Bending moment is expressed in millinewton metres (mN.m).

3.2

bending resistance

B

mean bending moment required to bend a rectangular test piece fastened at one end in a clamp, the bending moment being measured under the conditions specified in this SNI ISO 2493-2

NOTE Bending resistance is expressed in millinewton metres (mN.m).

3.3

sudut lengkung

α

sudut saat penjepit berputar ketika bergerak dari posisi awalnya sampai ke posisi saat ketahanan lengkung diukur

CATATAN Sudut lengkung adalah 15° atau $7,5^\circ$ (lihat Pasal 10).

3.4

panjang lengkung

jarak radial konstan antara penjepit dan posisi pada contoh uji saat gaya diterapkan

3.5

indeks ketahanan lengkung

ketahanan lengkung dibagi dengan gramatur pangkat tiga

4 Prinsip

Contoh uji dengan ukuran tertentu ditekuk pada sudut lengkung tertentu (3.3) menggunakan alat uji dengan tipe yang spesifik. Hasil momen lengkung dapat terbaca dari skala alat uji.

5 Peralatan

5.1 Alat uji ketahanan lengkung, lihat Gambar 1, terdiri dari komponen berikut:

5.1.1 Pendulum, P, berputar di sekitar titik pusat (*centre-point*), CP, dengan bantalan gesekan rendah, dilengkapi penjepit (*clamp*), C, yang memiliki dua sekrup untuk menahan dan memusatkan contoh uji (*test piece*), TP. Pada ujung atas, garis tengah (*centre-line*), L, berada tepat di pusat contoh uji. Pada ujung bawah pendulum adalah tempat beban (*stud*), S1, untuk memasang beban yang memuat pendulum pada jarak $(100,0 \pm 0,1)$ mm dari titik pusat. Tanpa penambahan beban, bobotnya adalah $(10,000 \pm 0,001)$ g.

5.1.2 Piringan vertikal (*vertical disc*), VD, berputar di sekitar titik pusat, CP, dan digerakkan oleh motor, dilengkapi dua sambungan lengan kendali (*driving arm attachments*), DAA, untuk menempatkan contoh uji, TP, dengan panjang pembebanan kantilever melalui dua lengan kendali (*driving arms*), DA. Panjang lengkung (3.4) adalah $(50,0 \pm 0,1)$ mm. Lengan kendali dapat diatur dengan sekrup sehingga memungkinkan pengujian contoh uji dengan ketebalan yang berbeda. Ujung-ujung lengan kendali memiliki rol sebagai sarana transmisi gaya ke contoh uji. Hal ini dimaksudkan untuk mengatur panjang lengan sehingga jarak antara contoh uji dan setiap rol adalah $(0,33 \pm 0,03)$ mm.

Di ujung bagian atas piringan, terdapat tanda garis tengah. Dua garis acuan terdapat di tepi piringan vertikal, VD, dengan jarak sudut $7,5^\circ$ dan 15° pada kedua sisi tanda garis tengah.

Mekanisme pengendalian piringan vertikal, VD, pada kecepatan konstan sedemikian sehingga bervariasi antara 170° dan 210° per menit.

5.1.3 Piringan tetap (*fixed annular disc*), FAD, terletak di sekitar tepi piringan vertikal, VD. Piringan tetap memiliki skala dari 0 hingga 100 pada kedua sisi tanda garis tengah, titik nol. Skala ini menunjukkan momen lengkung yang diperlukan untuk melengkungkan contoh uji ke kanan atau ke kiri. (sebagai penjelasan, hanya tanda skala 0, 20 dan 40 yang ditunjukkan pada Gambar 1.).

3.3

bending angle

α

angle through which the clamp rotates while moving from its initial position to the position at which the bending resistance is measured

NOTE The bending angle is 15° or 7,5° (see Clause 10).

3.4

bending length

constant radial distance between the clamp and the position on the test piece at which the force is applied

3.5

bending resistance index

bending resistance divided by the grammage to the third power

4 Principle

A test piece of defined dimensions is bent through a specified bending angle (3.3) using a specific type of testing instrument. The resulting bending moment is read from the instrument scale.

5 Apparatus

5.1 Bending resistance tester (see Figure 1), consisting of the following components.

5.1.1 Pendulum, P, rotating around a centre-point, CP, on low-friction bearings, carrying a clamp, C, that has two screws for holding and centring the test piece, TP. At the high end, a centre-line, L, is engraved that coincides with the centre of the test piece. At the lower end of the pendulum is a stud, S1, to which weights may be attached and that loads the pendulum at a distance of $(100,0 \pm 0,1)$ mm from the centre-point. Without added weights, the loading is $(10,000 \pm 0,001)$ g.

5.1.2 Vertical disc, VD, rotating around the centre-point, CP, and driven by a motor, carries two driving arm attachments, DAA, so located as to provide the test piece, TP, with a cantilevered loading length via two driving arms, DA. The bending length (3.4) is $(50,0 \pm 0,1)$ mm. The driving arms are adjustable by means of screws which enables testing of test pieces of different thicknesses. The ends of the driving arms have rollers as means of transmitting the force to the test piece. It is possible to adjust the length of the arms so that the distance between the test piece and each roller is $(0,33 \pm 0,03)$ mm.

On the edge of the upper part of the disc, a centre-line mark is engraved. Two reference lines are engraved on the periphery of the vertical disc, VD, at an angular distance of 7,5° and 15° on both sides of the centre-line mark.

A driving mechanism drives the vertical disc, VD, at a nominal constant rate which is allowed to vary between 170° and 210° per minute.

5.1.3 Fixed annular disc, FAD, located around the periphery of the vertical disc, VD. The fixed annular disc has a scale from 0 to 100 on both sides of a centre-line mark, zero. The scale shows the bending moment required to bend the test piece to the right or to the left. (For clarity, only the scale marks 0, 20 and 40 are shown in Figure 1.)

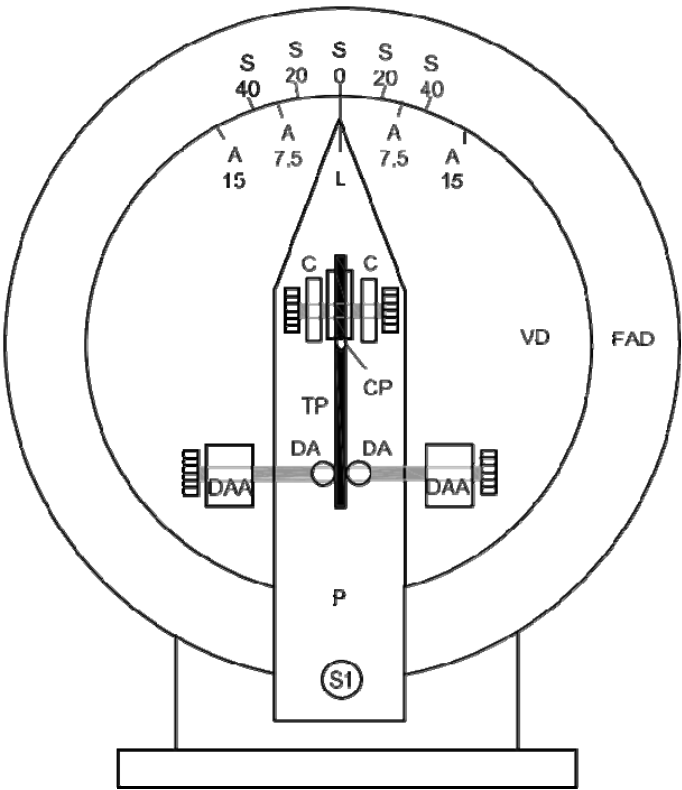
5.1.4 Penyangga, untuk mendukung pendulum, P, piringan vertikal, VD, dan piringan tetap, FAD, dilengkapi dengan sarana untuk mendatarkan alat.

5.1.5 Berbagai bobot beban, dalam unit kekakuan yang ditentukan oleh pabrik untuk dipasang pada tempat beban, S1, yang memberikan momen lengkung maksimal 490 mN.m.

5.2 Persiapan peralatan

Tempatkan alat pada permukaan yang kokoh dan rata. Atur piringan vertikal, VD, pada titik nol dan letakkan beban yang dipilih (*weight*), W, pada tempat beban, S1. Dekatkan penjepit, C, sehingga saling bertemu di garis tengah pendulum. Sejajarkan alat sehingga pendulum pada posisi vertikal.

Pindahkan pendulum hingga 15° dan lepaskan untuk memeriksa gesekan bantalan. Setidaknya harus membuat 20 ayunan sempurna sebelum berhenti.



Keterangan

VD	piringan vertikal	DAA	sambungan lengan kendali
P	pendulum	DA	lengan kendali
TP	contoh uji	FAD	piringan tetap
C	penjepit	S 0	garis acuan kekakuan 0
CP	titik pusat	S 20	garis acuan kekakuan 20
S1	tempat beban	S 40	garis acuan kekakuan 40
A 7,5	garis acuan, defleksi 7,5°	L	garis tengah pendulum
A 15	garis acuan, defleksi 15°		

Gambar 1 – Alat uji tipe Taber

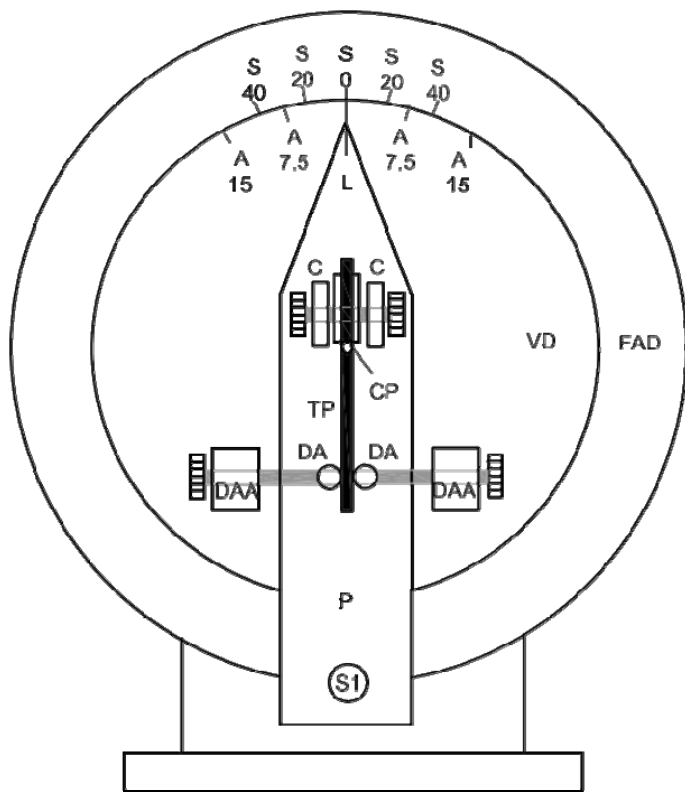
5.1.4 Stand, to support the pendulum, P, the vertical disc, VD, and the fixed annular disc, FAD, equipped with a means for levelling the instrument.

5.1.5 Various loading weights, in stiffness units defined by the manufacturer to be mounted on the stud, S1, to give a maximum bending moment of 490 mN.m.

5.2 Preparation of apparatus

Place the instrument on a firm, flat surface. Set the vertical disc, VD, at zero and place a chosen weight, W, on the stud, S1. Close the clamp, C, so that the faces meet on the centre-line of the pendulum. Level the instrument so that the pendulum is vertical.

Displace the pendulum by 15° and release it to check the bearing friction. It should make at least 20 complete swings before coming to rest.



Key

VD	vertical disc	DAA	driving arm attachments
P	pendulum	DA	driving arms
TP	test piece	FAD	fixed annular disc
C	clamp	S 0	reference line stiffness 0
CP	centre-point	S 20	reference line stiffness 20
S1	stud	S 40	reference line stiffness 40
A 7,5	reference line, 7,5° deflection	L	centre-line of the pendulum
A 15	reference line, 15° deflection		

Figure 1 – Taber-type tester

6 Kalibrasi

Kalibrasikan alat dan periksa akurasi alat secara berkala. Metode kalibrasi tergantung pada tipe alat dan harus dilakukan sesuai instruksi pabrik pembuat alat.

CATATAN Contoh uji pegas-baja biasanya disediakan oleh pabrik pembuat alat untuk keperluan kalibrasi.

7 Pengambilan contoh

Jika pengujian dilakukan untuk mengevaluasi induk contoh, contoh harus dipilih sesuai dengan ISO 186. Jika pengujian dilakukan pada tipe contoh lain, pastikan contoh uji yang diambil mewakili contoh yang diterima.

8 Pengkondisian contoh

Kondisikan contoh kertas atau karton seperti ditetapkan dalam ISO 187. Simpan dalam ruang kondisi selama prosedur uji.

9 Persiapan contoh uji

Lakukan persiapan contoh uji dan pengujian dalam ruang kondisi yang sama seperti yang digunakan untuk mengkondisikan contoh.

Jika indeks ketahanan lengkung (3.5) diperlukan, tentukan nilai gramatur sesuai dengan ISO 536^[1].

Sesuai keperluan, potong sejumlah contoh uji, dengan lebar $(38,0 \pm 0,2)$ mm dan panjang (70 ± 1) mm, yang sejajar dengan arah mesin, untuk memungkinkan 5 pengujian valid dilakukan pada arah ini; dan/atau potong satu set lagi contoh uji yang sejajar dengan arah silang mesin untuk memungkinkan 5 pengujian valid dilakukan pada arah ini.

Hindari lipatan, tekukan, retakan yang terlihat atau cacat lain di area uji. Jika terdapat tanda air, harus dicatat dalam laporan hasil uji.

Contoh uji yang sangat melengkung dan menggulung dapat memberikan hasil yang meragukan. Tidak mungkin untuk meluruskan atau menggulung contoh tanpa merusak bahan.

10 Prosedur

Tempatkan contoh uji di penjepit, C, dengan satu ujung sejajar dengan ujung atasnya dan ujung lainnya di antara penggulung di ujung lengan kendali, DA.

Dengan dua sekrup penjepit, C, sejajarkan contoh uji dengan garis tengah, L, dari pendulum.

Tekanan sekrup penjepit dapat mempengaruhi hasil uji. Harus cukup kuat untuk memegang contoh uji, tetapi tidak terlalu keras untuk menekan atau merusak bentuknya. Contoh uji tidak boleh ditahan pada ujung bebas kecuali oleh gesekan yang dikenakan pada permukaan ujung bebas dari contoh uji oleh lengan kendali, DA.

6 Calibration

Calibrate the instrument and check the accuracy of the apparatus at regular intervals. The method of calibration depends on the type of instrument and shall be done by following the manufacturer's instructions.

NOTE Spring-steel test pieces are commonly supplied by the manufacturer of the instrument for calibration purposes.

7 Sampling

If the tests are being made to evaluate a lot, the sample shall be selected in accordance with ISO 186. If the tests are made on another type of sample, make sure that the test pieces taken are representative of the samples received.

8 Conditioning

Condition the samples of paper or board as specified in ISO 187. Keep them in the conditioning atmosphere throughout the test procedure.

9 Preparation of test pieces

Carry out the preparation of test pieces and the testing in the same conditioning atmosphere as that used to condition the samples.

If the bending resistance index (3.5) is required, determine the grammage in accordance with ISO 536 ^[1].

As required, cut a sufficient number of test pieces, $(38,0 \pm 0,2)$ mm wide by (70 ± 1) mm long, with the length parallel to the machine direction, to enable 5 valid tests to be performed in this direction; and/or cut another set of test pieces with the length parallel to the cross-direction to enable 5 valid tests to be performed in this direction.

Avoid folds, creases, visible cracks or other defects in the area to be tested. If watermarks are present, this shall be noted in the test report.

Highly twisted and curled test pieces may give unreliable results. It is not possible to straighten curled or twisted samples without damaging the material.

10 Procedure

Place a test piece in the clamp, C, with one end approximately level with its top edge and the other end between the rollers at the end of the driving arms, DA.

With the two clamping screws of the clamp, C, align the test piece with the centre-line, L, of the pendulum.

The pressure of the clamping screws may affect the test results. It should be firm enough to hold the test piece, but not so firm as to compress or deform it. The test piece should not be restrained at the free end except by the friction imposed on the surfaces of the free end of the test piece by the driving arms, DA.

Sesuaikan penggulung di ujung lengan kendali, DA, sehingga hanya bersentuhan dengan contoh uji. Sesuaikan panjang salah satu lengan kendali, DA, sehingga jarak antara contoh uji dan penggulung adalah $(0,33 \pm 0,03)$ mm.

CATATAN 1 Pendulum tidak perlu diatur pada titik nol dengan contoh uji yang tidak terdefleksi di tempat. Kelengkungan contoh uji akan menghasilkan perbedaan antara pembacaan untuk defleksi di dua arah. Pembacaan yang diambil dalam dua arah dirata-ratakan untuk mendapatkan nilai kekakuan contoh uji.

Hidupkan motor untuk memutar piringan vertikal, VD, ke kiri dan defleksi contoh uji sampai tanda garis tengah, L, pada pendulum sejajar dengan tanda 15° pada piringan vertikal VD.

Catat pembacaan skala pada piringan tetap, FAD, dan segera kembalikan piringan beban ke nol. Lakukan hal serupa dengan mendefleksi contoh uji ke kanan. Jika diperlukan, lakukan minimal lima kali uji arah mesin (AM) dan/atau minimal lima kali uji arah silang mesin (SM) untuk memperoleh lima hasil yang valid, yaitu sepuluh bacaan yang valid, untuk setiap arah yang diperlukan.

Jika gaya maksimal diperoleh sebelum contoh uji melengkung dengan sudut lengkung 15° (3.3), atau terlihat patah, *kink* atau bengkok, hasil uji harus dibuang. Jika lebih dari 10 % contoh uji terpotong pada arah tertentu yang diinginkan (arah mesin atau silang mesin) menunjukkan hal ini, gunakan sudut lengkung $7,5^\circ$ untuk arah contoh uji ini. Jika demikian, sudut lengkung harus dilaporkan.

PENTING - Hasil yang diperoleh pada sudut lengkung $7,5^\circ$ tidak dapat dikonversi ke sudut lengkung 15° dengan dikalikan dua, karena hubungannya tidak berbanding lurus dengan sudut lengkung.

CATATAN 2 Kecenderungan kertas mengalami kerusakan bentuk dalam cara yang tidak dapat diterima meningkat dengan bertambahnya ketebalan. Ketebalan yang tepat untuk menggunakan sudut lengkung $7,5^\circ$ tidak dapat ditentukan.

11 Perhitungan

11.1 Momen lengkung

Hitung momen lengkung (3.1), M , sesuai prosedur dalam manual pabrik pembuat alat untuk kompensasi bobot yang digunakan.

Untuk setiap arah yang diinginkan, arah mesin (AM) dan/atau silang mesin (SM), tentukan ketahanan lengkung (3.2), B , sebagai momen lengkung rata-rata, dari sepuluh pembacaan (lima gerakan melengkung ke kiri, dan lima gerakan melengkung ke kanan).

Laporkan ketahanan lengkung (3.2), dalam millinewton meter pada arah mesin dan/atau arah silang mesin, hingga tiga angka penting.

CATATAN Alat yang tersedia melaporkan hasilnya dalam satuan Taber. Konversi dari satuan Taber ke satuan SI dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (1) (Referensi [4]):

$$M = T_r \times 0,098066 \quad (1)$$

keterangan

M adalah momen lengkung, dalam millinewton meter;

T_r adalah pembacaan momen lengkung Taber, dalam satuan Taber.

SNI ISO 2493-2:2011

Adjust the rollers at the end of the driving arms, DA, so that they are just in contact with the test piece. Adjust the length of one of the driving arms, DA, so that the distance between the test piece and the roller is $(0,33 \pm 0,03)$ mm.

NOTE 1 It is not necessary for the pendulum to balance at zero with the undeflected test piece in place. Curvature of the test piece will result in a difference between the readings for deflection in the two directions. Readings taken in the two directions are averaged to give the stiffness of the test piece.

Switch on the motor to rotate the vertical disc, VD, to the left and thus deflect the test piece until the centre-line mark, L, on the pendulum is aligned with the 15° mark on the vertical disc VD.

Record the scale reading on the fixed annular disc, FAD, and immediately return the loading disc to zero. Take a similar reading by deflecting the test piece to the right. As required, test at least five machine direction (MD) test pieces and/or at least five cross-direction (CD) test pieces to obtain five valid results, i.e. ten valid readings, for each required direction.

If the maximum force is obtained before the test piece has been bent through the bending angle 15° (3.3), or a break, kink or crease is observed, the test result should be discarded. If more than 10 % of the test pieces cut in a particular direction of interest (machine direction or cross-direction) exhibit this behaviour, use a bending angle of $7,5^\circ$ for this test piece direction. If so, the bending angle shall be reported.

IMPORTANT — The result obtained at a $7,5^\circ$ bending angle cannot be converted to that of a 15° bending angle by multiplying by two, since the relationship is not directly proportional to the bending angle.

NOTE 2 The tendency for the paper to be deformed in an unacceptable way increases with increasing thickness. The exact thickness for using the bending angle $7,5^\circ$ cannot be stated.

11 Calculation

11.1 Bending moment

Calculate the bending moment (3.1), M , following the procedure in the manufacturer's manual for the compensating weight used.

For each desired direction, machine direction (MD) and/or cross-direction (CD), determine the bending resistance (3.2), B , as the mean bending moment, from all ten readings (five bending movements to the left, and five bending movements to the right).

Report the bending resistance (3.2), in millinewton metres in the machine direction and/or in the cross-direction, to three significant figures.

NOTE The instruments available report the result in Taber units. A conversion from Taber units to SI units can be achieved by using Equation (1) (Reference [4]):

$$M = T_r \times 0,098066 \quad (1)$$

where

M is the bending moment, in millinewton metres;
 T_r is the Taber bending-moment reading, in Taber units.

11.2 Indeks ketahanan lengkung

Jika diperlukan, hitung indeks ketahanan lengkung (3.5), Bg untuk setiap arah utama yang diperlukan sebagai berikut:

$$Bg = \frac{B}{g^3} \quad (2)$$

keterangan

Bg adalah indeks ketahanan lengkung, dalam millinewton meter dikali meter pangkat enam per gram kubik ($\text{mNm.m}^6/\text{g}^3$);

B adalah ketahanan lengkung, dalam millinewton meter (mN.m);

g adalah gramatur, dalam gram per meter persegi (g/m^2) ditentukan sesuai ISO 536 ^[1].

Laporkan indeks ketahanan lengkung untuk setiap arah utama yang diperlukan hingga tiga angka penting.

CATATAN Indeks ketahanan lengkung ini hanya dapat diterapkan untuk contoh uji dari bahan yang homogen, melengkung pada sudut kecil. Indeks ketahanan lengkung ini tetap berguna untuk perbandingan ketahanan lengkung kertas dengan perbedaan gramatur yang kecil atau normalisasi ketahanan lengkung terhadap gramatur yang diberikan. Sudut lengkung 15° biasanya berarti contoh uji memiliki tingkat deformasi plastis yang lebih tinggi, dan gramatur yang semakin tinggi. Untuk alasan ini, indeks ketahanan lengkung kurang berarti untuk bahan dengan gramatur yang lebih tinggi dan kurang berarti jika dibandingkan terhadap kertas dengan perbedaan gramatur yang besar, Referensi [7].

12 Laporan hasil uji

Laporan hasil uji harus mencakup informasi berikut:

- acuan ke SNI ISO 2493 bagian ini, yaitu SNI ISO 2493-2:2011;
- tanggal dan tempat pengujian;
- penjelasan dan identifikasi bahan yang diuji;
- tipe alat yang digunakan;
- untuk setiap arah yang diuji (AM dan/atau SM), ketahanan lengkung, dinyatakan dalam millinewton meter, hingga tiga angka penting;
- untuk setiap arah utama yang diuji, simpangan baku hasil pengujian;
- sudut lengkung yang digunakan, jika selain 15° ;
- jika diperlukan, indeks ketahanan lengkung untuk setiap arah utama yang diperlukan hingga tiga angka penting;
- setiap penyimpangan dari SNI ISO 2493-2 ini yang dapat mempengaruhi hasil.

11.2 Bending resistance index

If required, calculate the bending resistance index (3.5), B_g for each required principal direction as follows:

$$B_g = \frac{B}{g^3} \quad (2)$$

where

B_g is the bending resistance index, in millinewton metres times metres to the power six per gram cubed ($\text{mNm.m}^6/\text{g}^3$);

B is the bending resistance, in millinewton metres (mN.m);

g is the grammage, in grams per square metre (g/m^2) determined in accordance with ISO 536^[1].

Report the bending resistance index for each required principal direction to three significant figures.

NOTE The bending resistance index is strictly applicable for test pieces of homogeneous materials, bent through small angles. The bending resistance index is nevertheless useful for a comparison of the bending resistance of papers with small differences in grammage or normalizing the bending resistance to a given grammage. Bending to an angle of 15° usually means there is a higher degree of plastic deformation of the test piece, the higher the grammage. For this reason, the bending resistance index is less useful for higher grammage material and less useful when papers with large differences in grammage are compared Reference [7].

12 Test report

The test report shall include the following information:

- a reference to this part of SNI ISO 2493, i.e. SNI ISO 2493-2:2011;
- the date and place of testing;
- description and identification of the material tested;
- the type of instrument used;
- for each direction tested (MD and/or CD), the bending resistance, expressed in millinewton metres, to three significant figures;
- for each principal direction tested, the standard deviation of the test results;
- the bending angle used, if other than 15° ;
- if required, the bending resistance index for each required principal direction to three significant figures;
- any deviations from this SNI ISO 2493-2 that may have affected the results.

Lampiran A (informatif)

Presisi

Pada bulan Februari 2008, 16 laboratorium, dari sebelas negara Eropa, menguji tiga contoh. Secara total, 10 buah contoh uji diuji. Data telah diperoleh dari CEPI-CTS, *the Comparative Testing Service of the Confederation of European Paper Industries*.

Perhitungan dibuat sesuai dengan ISO/TR 24498^[3] dan Metode Uji TAPPI T 1200 sp-07^[6].

Simpangan baku *repeatability* yang dilaporkan dalam Tabel A.1 adalah simpangan baku *repeatability* "kumpulan"; yaitu, simpangan baku dihitung sebagai *root-mean-square* dari beberapa simpangan baku laboratorium yang berpartisipasi. Ini berbeda dari definisi *repeatability* konvensional dalam ISO 5725-1^[2].

Batas-batas *repeatability* dan *reproducibility* yang dilaporkan adalah estimasi perbedaan maksimum yang diharapkan dalam 19 dari 20 contoh, ketika membandingkan dua hasil uji untuk bahan yang sama terhadap yang dijelaskan dalam kondisi pengujian yang sama. Estimasi ini tidak berlaku untuk bahan yang berbeda atau kondisi pengujian yang berbeda.

Batas-batas *repeatability* dan *reproducibility* dihitung dengan mengalikan simpangan baku *repeatability* dan *reproducibility* dengan 2,77.

CATATAN 1 Simpangan baku *repeatability* dan simpangan baku dalam laboratorium adalah identik. Namun, simpangan baku *reproducibility* TIDAK sama dengan simpangan baku antar laboratorium. Simpangan baku *reproducibility* mencakup simpangan baku antar laboratorium dan simpangan baku dalam laboratorium, yaitu:

$$s^2_{\text{repeatability}} = s^2_{\text{dalam lab}} \text{ tetapi } s^2_{\text{reproducibility}} = s^2_{\text{dalam lab}} + s^2_{\text{antar lab}}$$

CATATAN 2 $2,77 = 1,96\sqrt{2}$, apabila hasil pengujian memiliki distribusi normal dan simpangan baku s didasarkan pada sejumlah besar pengujian.

Tabel A.1 – Estimasi *repeatability*

Contoh	Jumlah laboratorium	Nilai rata-rata mN.m	Simpangan baku <i>repeatability</i> s_r mN.m	Koefisien variasi $C_{V,r}$ %	Batas <i>repeatability</i> r mN.m
Contoh tingkat 1 ^a	14 ^b	49	1,8	3,7	5,1
Contoh tingkat 2 ^a	16	361	9,4	2,6	26,2
Contoh tingkat 3 ^a	16	2.565	54,2	2,1	150,2
^a Tingkat 1, tingkat 2 dan tingkat 3 sesuai klasifikasi <i>the Comparative Testing Service of the Confederation of European Paper Industries</i> (CEPI).					
^b Tidak termasuk outlier.					

Annex A (informative)

Precision

In February 2008, 16 laboratories, from eleven European countries, tested three samples. In total, 10 test pieces were tested. The data has been obtained from CEPI-CTS, the Comparative Testing Service of the Confederation of European Paper Industries.

The calculations were made according to ISO/TR 24498^[3] and TAPPI Test Method T 1200 sp-07^[6].

The repeatability standard deviation reported in Table A.1 is the “pooled” repeatability standard deviation; that is, the standard deviation is calculated as the root-mean-square of the standard deviations of the participating laboratories. This differs from the conventional definition of repeatability in ISO 5725-1^[2].

The repeatability and reproducibility limits reported are estimates of the maximum difference which should be expected in 19 of 20 instances, when comparing two test results for material similar to those described under similar test conditions. These estimates may not be valid for different materials or different test conditions.

Repeatability and reproducibility limits are calculated by multiplying the repeatability and reproducibility standard deviations by 2,77.

NOTE 1 The repeatability standard deviation and the within-laboratory standard deviation are identical. However, the reproducibility standard deviation is NOT the same as the between-laboratories standard deviation. The reproducibility standard deviation includes both the between-laboratories standard deviation and the standard deviation within a laboratory, viz.:

$$s^2_{\text{repeatability}} = s^2_{\text{within lab}} \text{ but } s^2_{\text{reproducibility}} = s^2_{\text{within lab}} + s^2_{\text{between lab}}$$

NOTE 2 2,77 = 1,96√2, provided that the test results have a normal distribution and that the standard deviation s is based on a large number of tests.

Table A.1 — Estimation of the repeatability

Sample	Number of laboratories	Mean value mN.m	Repeatability standard deviation s_r mN.m	Coefficient of variation $C_{V,r}$ %	Repeatability limit r mN.m
Sample level 1 ^a	14 ^b	49	1,8	3,7	5,1
Sample level 2 ^a	16	361	9,4	2,6	26,2
Sample level 3 ^a	16	2.565	54,2	2,1	150,2
^a Level 1, level 2 and level 3 are according to the classification by The Confederation of European Paper Industries (CEPI).					
^b Outliers not included.					

Tabel A.2 – Estimasi *reproducibility*

Contoh	Jumlah laboratorium	Nilai rata-rata mN.m	Simpangan baku <i>reproducibility</i> s_R mN.m	Koefisien variasi $C_{V,R}$ %	Batas <i>reproducibility</i> R mN.m
Contoh tingkat 1 ^a	14 ^b	49	2,8	5,7	7,7
Contoh tingkat 2 ^a	16	361	22,3	6,1	61,8
Contoh tingkat 3 ^a	16	2.565	103,1	4,0	285,8
^a Tingkat 1, tingkat 2 dan tingkat 3 sesuai klasifikasi <i>the Comparative Testing Service of the Confederation of European Paper Industries (CEPI)</i> . ^b Tidak termasuk <i>outlier</i> .					

Table A.2 — Estimation of the reproducibility

Sample	Number of laboratories	Mean value mN.m	Reproducibility standard deviation s_R mN.m	Coefficient of variation $C_{V,R}$ %	Reproducibility limit R mN.m
Sample level 1 ^a	14 ^b	49	2,8	5,7	7,7
Sample level 2 ^a	16	361	22,3	6,1	61,8
Sample level 3 ^a	16	2.565	103,1	4,0	285,8
^a Level 1, level 2 and level 3 are according to the classification by The Confederation of European Paper Industries (CEPI).					
^b Outliers not included.					

Bibliografi

- [1] ISO 536, *Paper and board — Determination of grammage*
- [2] ISO 5725-1:1994, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 1: General principles and definitions*
- [3] ISO/TR 24498:2006, *Paper, board and pulps — Estimation of uncertainty for test methods*
- [4] TAPPI Test method T 489 om-08, *Bending resistance (stiffness) of paper and paperboard (Taber-type tester in basic configuration)*
- [5] TAPPI Test method T 566 om-08, *Bending resistance (stiffness) of paper (Taber-type tester in 0 to 10 Taber stiffness unit configuration)*
- [6] TAPPI Test method T 1200 sp-07, *Interlaboratory evaluation of test methods to determine TAPPI repeatability and reproducibility*
- [7] FELLERS, C. and CARLSSON, L. *Bending stiffness, with special reference to paperboard*. In MARK, R.E., HABEGER, C., BORCH, J., LYNE, B. *Handbook of physical and mechanical testing of paper and paperboard*. New York; Basel: Marcel Dekker, 2002, pp. 233-256

Informasi pendukung terkait perumus standar

[1] Komtek perumus SNI

Komite Teknis 85-01 Teknologi Kertas

[2] Susunan keanggotaan Komtek perumus SNI

Ketua : Ir. Edy Sutopo, M.Si.
Sekretaris : M. Rahayu, S.T.P
Anggota : Ir. Emil Satria, M.Si.
Rr. Citra Rapati, S. Hut, M.Si
Dr. Gatot Ibnusantosa
Dra. Nina Elyani, Msi
Ir. Heronimus Judi Tjahjono, MT
Dharmawan, S.Si
Dra. Susi Sugesty
Uu Wahyudin
Papua Yuniarto
Dian SR Kusumastuti, S.Hut, M.Si.
Dra. Liana Bratasida, M.Si.

[3] Konseptor rancangan SNI

Balai Besar Pulp dan Kertas

[4] Sekretariat pengelola Komtek perumus SNI

Pusat Standardisasi Industri - Badan Penelitian dan Pengembangan Industri
Kementerian Perindustrian