

**Karet, vulkanisat atau termoplastik – Penentuan
sifat-sifat tegangan-regangan**

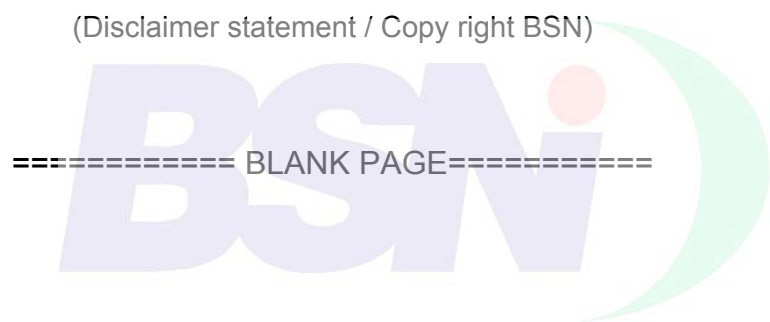
***Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination
of tensile-strain properties***

(ISO 37:2005, IDT)



(Disclaimer statement / Copy right BSN)

===== BLANK PAGE =====





Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan Definisi.....	1
4 Prinsip.....	Error! Bookmark not defined.
5 Umum	7
6 Potongan uji.....	9
7 Peralatan	11
8 Jumlah potongan uji.....	15
9 Persiapan contoh.....	15
10 Pengkondisian contoh dan potongan uji.....	17
11 Penandaan patokan panjang potongan uji berbentuk dumb-bell	19
12 Pengukuran potongan uji.....	19
13 Prosedur	19
14 Suhu pengujian.....	21
15 Perhitungan hasil	21
16 Hasil.....	27
17 Laporan hasil uji.....	27
LAMPIRAN A	31
LAMPIRAN B	37
LAMPIRAN C.....	45
Bibliografi.....	53

Content

Content	ii
Foreword.....	iv
1 Scope.....	2
2 Normative references.....	2
3 Terms and definitions.....	2
4 Principle	8
5 General	8
6 Test pieces.....	10
7 Apparatus.....	15
8 Number of test pieces	16
9 Preparation of test pieces	16
10 Conditioning of sample and test pieces	18
11 Marking of dumb-bell test pieces	20
12 Measurement of test pieces.....	20
13 Procedure	20
14 Temperature of test.....	22
15 Calculation of results.....	22
16 Expression of results.....	28
17 Test report.....	28
Annex A	32
Annex B	38
Annex C	46
Bibliography	54

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) *Karet, vulkanisat atau thermoplastik – Penentuan sifat-sifat tegangan-regangan* ini merupakan revisi dari SNI 06-4966-1999, perubahan yang utama yang terdapat pada revisi ini adalah sebagai berikut :

- Penambahan contoh uji berbentuk *dumb-bell* yang baru didesain dengan tipe 1A.
- Penambahan lampiran baru, Lampiran B, berisi keakuratan data untuk contoh uji tipe 1, tipe 2 dan tipe 1A.
- Penambahan lampiran baru, Lampiran C, berisi analisis dari pengaruh keakuratan data terhadap contoh uji berbentuk *dumb-bell*.

Standar ini (SNI ISO 37:2010) adalah hasil adopsi identik dengan metode terjemahan dari ISO 37:2005 *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stress-strain properties*, beserta *Technical Corrigendum 1* ISO 37:2005/Cor.1:2008(E).

Untuk tujuan tersebut telah dilakukan perubahan editorial berikut:

- a) Tanda titik telah diganti dengan tanda koma dan sebaliknya untuk penulisan bilangan.
- b) Beberapa istilah *International standard* diganti dengan *National standard* dan diterjemahkan menjadi standar nasional.

SNI ini disusun sesuai dengan ketentuan yang diberikan dalam Pedoman Standardisasi Nasional PSN 03.1, Adopsi Standar Internasional menjadi SNI (*ISO/IEC Guide 21-1:2005, Regional or national adoption of International Standards, MOD*).

Standar ini disusun oleh Panitia Teknis Industri Karet dan Plastik, 83-01, dan telah dibahas dalam rapat konsensus lingkup Panitia Teknis di Bogor pada tanggal 24 Pebruari 2009. Hadir dalam rapat tersebut wakil dari produsen, konsumen, pakar akademisi dan peneliti serta instansi teknis terkait lainnya. SNI ini juga telah melalui konsensus nasional yaitu pemungutan suara (voting) pada tanggal 2 Juni 2009 sampai tanggal 31 Juli 2009.

Foreword

The Nasional Indonesian Standard (SNI) Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stress-strain properties is revised of SNI 06-4966-1999, the major changes incorporated in this revision are as follows:

- The addition of a new dumb-bell test piece designated type 1A.
- The addition of a new annex, Annex B, with precision data on type 1, type 2 and type 1A test pieces.
- The addition of a new annex, Annex C, with an analysis of the dependence of the precision data on dumb-bell test piece shape.

This standard (ISO SNI 37:2008) is identical adoption by translation method of ISO 37:2005 *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stress-strain properties*, and *Technical Corrigendum 1* ISO 37:2005/Cor.1:2008(E).

For this purposed, editorial changed as:

- a) Dot mark has been changed with comma and vice versa for the number writing.
- b) Some terminology of *International Standard* has been changed with *National Standard* and translated with national standard.

The SNI has been drafted in accordance with the rules given in the *Pedoman Standardisasi Nasional PSN 03.1, Adopsi Standar Internasional menjadi SNI* (ISO/IEC Guide 21-1:2005, Regional or national adoption of International Standards and other International Derivables – Part 1: Adoption of International Standards, MOD).

The SNI was prepared by Technical Committee 83-01, Rubber and Plastic Industry and has been discussed in consensus meeting in Bogor on 24th February 2009. The meeting was attended by representatives from government, producer, consumer, science and research institute, and related institutions. This SNI has passed national voting from June, 2, 2009 until July, 31, 2009.

Karet, vulkanisat, atau termoplastik - Penentuan sifat - sifat tegangan-regangan

1 Ruang lingkup

Standar ini menerangkan suatu metode untuk menentukan sifat-sifat tegangan-regangan dari vulkanisat dan karet termoplastik.

Sifat-sifat yang ditentukan adalah kekuatan tarik, perpanjangan putus, tegangan tarik pada regangan tertentu, perpanjangan pada kuat tarik tertentu, tegangan tarik pada *yield* tertentu dan perpanjangan pada *yield* tertentu. Pengukuran tegangan dan regangan pada *yield* tertentu digunakan hanya untuk beberapa karet termoplastik dan beberapa kompon tertentu.

2 Acuan normatif

Acuan normatif sangat diperlukan untuk penggunaan dokumen ini. Untuk acuan normatif bertanggal, hanya digunakan dokumen edisi yang disebutkan. Untuk acuan normatif tidak bertanggal sebaiknya digunakan dokumen edisi terakhir (termasuk beberapa amandemen).

ISO 5893, *Rubber and plastics test equipmen – tensile, flexural and compression types (constant rate of traverse) – specification.*

ISO 23529:2004, *Rubber – General procedures for preparing and conditioning test pieces for physical test methods.*

3 Istilah dan Definisi

Untuk tujuan dokumen ini, mempergunakan istilah dan definisi

3.1

tegangan tarik

S

tegangan yang diperlukan untuk meregang potongan uji

CATATAN Dihitung dengan satuan gaya persatuan luas penampang potongan uji sebelum diregang.

3.2

perpanjangan

E

perpanjangan, dinyatakan sebagai persentase pertambahan panjang potongan uji yang dialami akibat tegangan tarik

3.3

kuat tarik

TS

tegangan tarik maksimum selama proses perpanjangan potongan uji sampai putus

CATATAN lihat gambar 1a) sampai 1c)

Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of tensile stress-strain properties

1 Scope

This National Standard describes a method for the determination of the tensile stress-strain properties of vulcanized and thermoplastic rubbers.

The properties which can be determined are tensile strength, elongation at break, stress at a given elongation, elongation at a given stress, stress at yield and elongation at yield. The measurement of stress and strain at yield applies only to some thermoplastic rubbers and certain other compounds.

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 5893, *Rubber and plastics test equipment — Tensile, flexural and compression types (constant rate of traverse) — Specification*

ISO 23529:2004, *Rubber — General procedures for preparing and conditioning test pieces for physical test methods*

3 Terms and definitions

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

3.1

tensile stress

S

stress applied so as to extend the test piece

NOTE It is calculated as the applied force per unit area of the original cross-section of the test length.

3.2

elongation

E

tensile strain, expressed as a percentage of the test length, produced in the test piece by a tensile stress

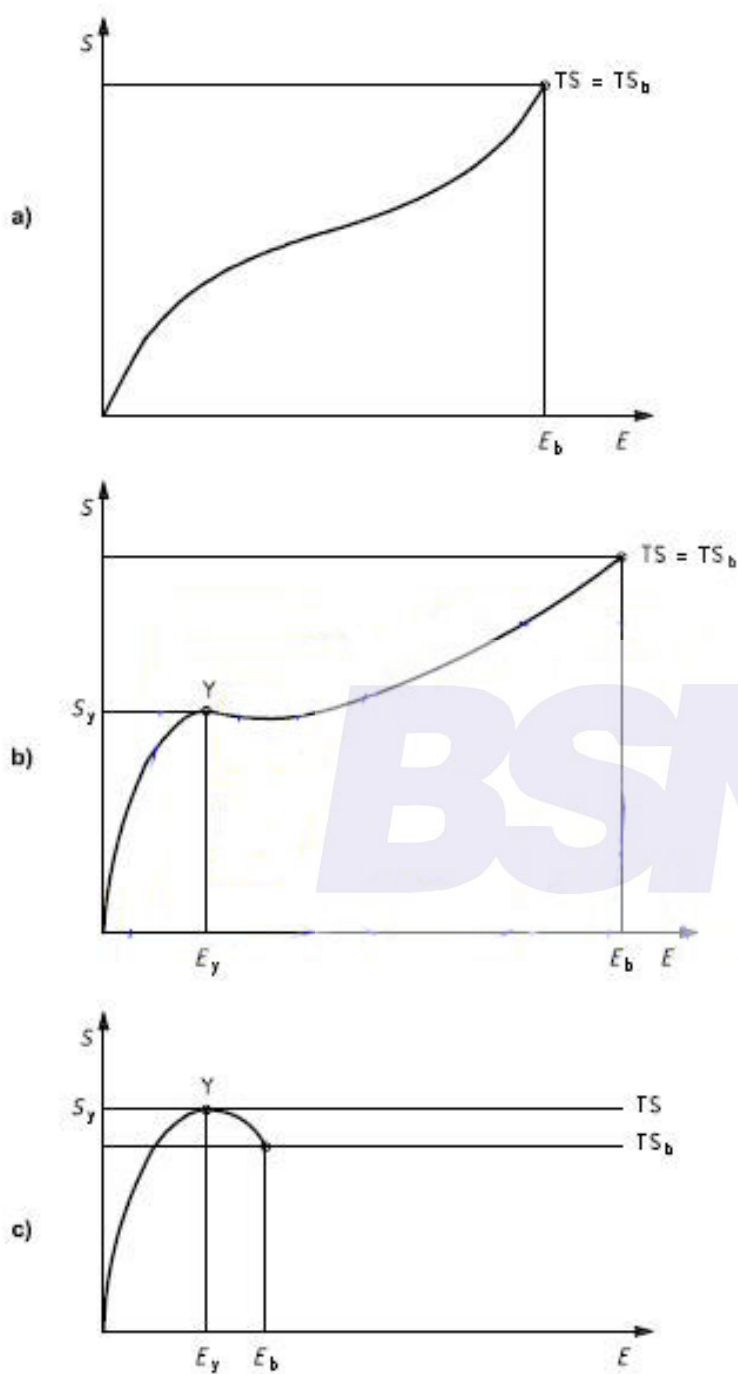
3.3

tensile strength

TS

maximum tensile stress recorded in extending the test piece to breaking point

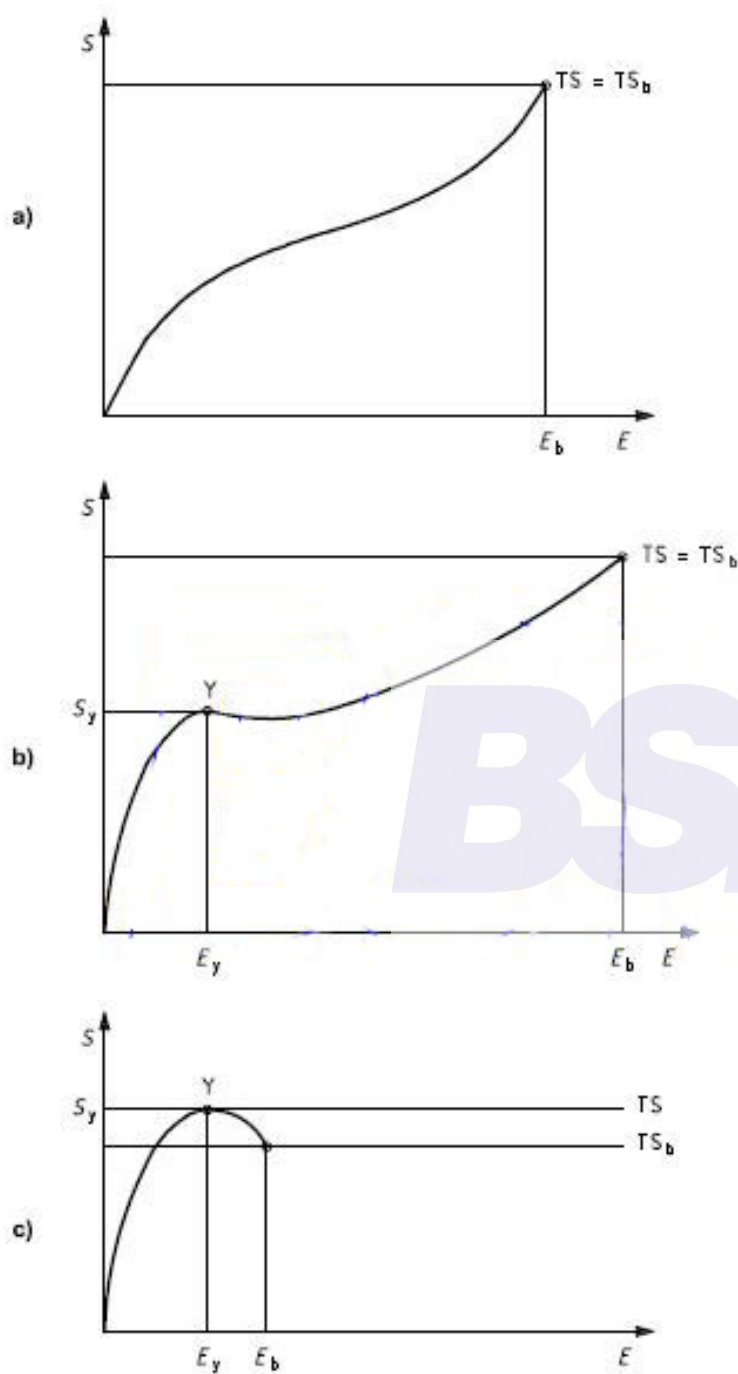
NOTE See Figures 1a) to 1c).

**Keterangan:**

E adalah perpanjangan
 E_b adalah perpanjangan putus
 E_y adalah perpanjangan pada *yield*
 S adalah tegangan tarik

S_y adalah tegangan tarik pada *yield*
 TS adalah kuat tarik
 TS_b adalah kuat tarik saat putus
 Y adalah *yield point*

Gambar 1 - Ilustrasi peregangan



Key

E	elongation	S_y	stress at yield
E_b	elongation at break	TS	tensile strength
E_y	elongation at yield	TS_b	tensile strength at break
S	stress	Y	yield point

Figure 1 - Illustration of tensile terms

3.4**kuat tarik saat putus****TS_b**

tegangan tarik pada saat potongan uji putus

CATATAN 1 Lihat gambar 1 a) sampai 1 c)**CATATAN 2** Nilai TS dan TS_b dapat berbeda bila setelah yield pada S_y, perpanjangan dilanjutkan dan disertai dengan penurunan kekuatan, menghasilkan TS_b lebih rendah dari TS (lihat gambar 1c).**3.5****perpanjangan putus****E_b**

perpanjangan potongan uji pada saat putus

CATATAN Lihat gambar 1a) sampai 1c)**3.6****perpanjangan pada tegangan tertentu****E_s**

perpanjangan potongan uji untuk tegangan tertentu

3.7**tegangan pada perpanjangan tertentu****S_e**

tegangan tarik yang diperlukan untuk perpanjangan tertentu

CATATAN di dalam industri karet, definisi ini disebut modulus dan perlu diperhatikan untuk menghindari adanya kebingungan dengan istilah modulus lain yaitu *slope* dari kurva tegangan-regangan pada perpanjangan tertentu.**3.8****Tegangan tarik pada *yield*****S_y**

Tegangan tarik pada titik pertama dari kurva tegangan-regangan dimana terjadi peningkatan regangan tanpa adanya peningkatan tegangan

CATATAN ini mungkin sesuai dengan titik terjadinya perubahan [lihat gambar 1b)] atau sampai dengan maksimum [lihat Gambar 1c)]**3.9****Perpanjangan pada *yield*****E_y**

perpanjangan tarik pada titik pertama dari kurva tegangan-regangan dimana terjadi peningkatan regangan tidak disertai dengan peningkatan tegangan

CATATAN Lihat Gambar 1b) dan 1c)**3.10****Panjang contoh uji bentuk *dumb-bell***Panjang antara titik referensi dengan panjang dari batas bagian contoh uji *dumb-bell* yang digunakan untuk mengukur perpanjangan**CATATAN** Lihat Gambar 2.

3.4

tensile strength at break

TS_b

tensile stress recorded at the moment of rupture

NOTE 1 See Figures 1a) to 1c).

NOTE 2 The values of TS and TS_b may be different if, after yield at S_y , the elongation continues and is accompanied by a drop in stress, resulting in TS_b being lower than TS [see Figure 1c)].

3.5

elongation at break

E_b

tensile strain in the test length at breaking point

NOTE See Figures 1a) to 1c).

3.6

elongation at a given stress

E_s

tensile strain in the test length when the test piece is subjected to a given tensile stress

3.7

stress at a given elongation

S_e

tensile stress in the test length required to produce a given elongation

NOTE In the rubber industry, this definition is widely identified with the term “modulus”, and care should be taken to avoid confusion with the other use of “modulus” to denote the slope of the stress-strain curve at a given elongation.

3.8

tensile stress at yield

S_y

tensile stress at the first point on the stress-strain curve where some further increase in strain occurs without any increase in stress

NOTE This may correspond to either a point of inflection [see Figure 1b)] or to a maximum [see Figure 1c)].

3.9

elongation at yield

E_y

tensile strain at the first point on the stress-strain curve where some further increase in strain is not accompanied by an increase in stress

NOTE See Figures 1b) and 1c).

3.10

test length of a dumb-bell

initial distance between reference points within the length of the narrow portion of a dumb-bell test piece used to measure elongation

NOTE See Figure 2.

4 Prinsip

Contoh uji standar berbentuk *dumb-bell* atau cincin diregangkan dengan menggunakan alat uji tegangan pada kecepatan lintasan dari pegangan atau puli yang tetap. Pembacaan tenaga dan perpanjangan diambil saat penarikan secara berkesinambungan dan saat potongan uji putus.

5 Umum

Potongan uji bentuk *dumb-bell* atau cincin dapat memberikan hasil yang berbeda untuk masing-masing sifat-sifat tegangan-regangan. Hal ini dikarenakan pada peregangannya cincin tegangan tidak seragam di seluruh bagian contoh uji. Faktor yang kedua adalah adanya *grain* yang mungkin menyebabkan bentuk *dumb-bell* memberikan hasil yang berbeda bergantung dari panjangnya *dumb-bell* paralel atau dengan sudut yang tepat terhadap *grain*.

Beberapa catatan yang perlu dalam memilih potongan uji bentuk *dumb-bell* atau cincin adalah sebagai berikut :

a) Kuat tarik

Bentuk *dumb-bell* disukai untuk penentuan kekuatan tarik. Bentuk cincin memberikan hasil yang lebih rendah dibanding *dumb-bell*.

b) Perpanjangan putus

Bentuk cincin akan memberikan hasil yang hampir sama dengan bentuk *dumb-bell*, dengan catatan bahwa

- 1) perpanjangan cincin dihitung dari persentase keliling awal bagian dalam cincin dan
- 2) *dumb-bell* dipotong pada sudut yang tepat terhadap *grain* jika ada derajat yang signifikan.

Dumb-bell seharusnya digunakan jika diperlukan untuk mempelajari pengaruh *grain*, untuk cincin tidak cocok.

c) Perpanjangan pada tegangan tertentu dan tegangan pada perpanjangan tertentu.

Bentuk *dumb-bell* yang besar (tipe 1, 2 dan 1A) umumnya lebih disukai.

Cincin dan *dumb-bell* memberikan hasil yang kira-kira sama dengan catatan bahwa

- 1) perpanjangan cincin dihitung dari persentase keliling awal bagian dalam cincin dan
- 2) *dumb-bell* dipotong pada sudut yang tepat terhadap *grain* jika ada derajat yang signifikan.

Cincin mungkin cocok pada pengujian otomatis, bergantung dari kemudahan penanganan potongan uji, dan pada penentuan tegangan pada regangan tertentu.

d) Potongan uji yang kecil biasanya akan memberikan nilai kuat tarik dan perpanjangan putus yang lebih besar dari pada potongan uji yang besar.

Tujuh tipe potongan uji tersedia, yaitu bentuk *dumb-bell* tipe 1, 2, 3, 4 dan 1A dan bentuk cincin tipe A (normal) dan tipe B (miniatur). Hasil yang didapat untuk bahan yang tersedia kemungkinan besar berbeda-beda menurut tipe dari potongan uji yang digunakan, dan hasil yang didapat untuk bahan yang berbeda seharusnya tidak dapat digunakan sebagai perbandingan kecuali kalau tipe potongan uji yang digunakan sama.

4 Principle

Standard test pieces, either dumb-bells or rings, are stretched in a tensile-testing machine at a constant rate of traverse of the driven grip or pulley. Readings of force and elongation are taken as required during the uninterrupted stretching of the test piece and when it breaks.

5 General

Dumb-bell and ring test pieces do not necessarily give the same values for their respective stress-strain properties. This is mainly because in stretched rings the stress is not uniform over the cross-section. A second factor is in the existence of "grain" which may cause dumb-bells to give different values depending whether their length is parallel or at right angles to the grain.

The main points to be noted in choosing between rings and dumb-bells are as follows:

a) Tensile strength

Dumb-bells are preferable for determination of tensile strength. Rings give lower, sometimes much lower, values than dumb-bells.

b) Elongation at break

Rings give approximately the same values as dumb-bells, provided that

- 1) the elongation of rings is calculated as a percentage of the initial internal circumference and
- 2) dumb-bells are cut at right angles to the grain if this is present to a significant degree.

Dumb-bells shall be used if it is required to study grain effects for which rings are not suitable.

c) Elongation at a given stress and stress at a given elongation

The larger dumb-bells (types 1, 2 and 1A) are generally preferred.

Rings and dumb-bells give approximately the same values provided that

- 1) the elongation of rings is calculated as a percentage of the initial mean circumference and
- 2) the average value is taken for dumb-bells cut parallel and at right angles to the grain if this is present to a significant degree.

Rings may be preferred in automated testing, due to the ease of handling of the test pieces, and in the determination of stress at a given strain.

d) Miniature test pieces may give somewhat different, usually higher, values for tensile strength and elongation at break than the larger test pieces.

Seven types of test piece are provided, i.e. dumb-bell-shaped types 1, 2, 3, 4 and 1A and ring-shaped types A (normal) and B (miniature). The results obtained for a given material are likely to vary according to the type of test piece used, and the results obtained for different materials should therefore not be regarded as comparable unless the same type of test piece has been used.

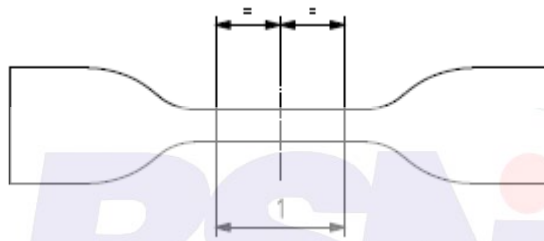
Tipe 3 dan 4 dari potongan uji bentuk *dumb-bell* dan tipe B bentuk cincin hanya digunakan bila bahan tidak mencukupi untuk menyiapkan potongan uji yang besar. Potongan-potongan uji tersebut cocok untuk pengujian produk dan digunakan pada produk standar tertentu, misalnya tipe 3 dari potongan uji bentuk *dumb-bell* telah digunakan untuk pengujian sil pipa berbentuk cincin dan kabel.

Bila persiapan potongan uji memerlukan pengikisan atau penyesuaian ketebalan, hasil uji mungkin terpengaruh.

6 Potongan uji

6.1 Bentuk dumb-bell

Bentuk contoh uji seperti dumb-bell adalah seperti terlihat pada Gambar 2.



Keterangan:

- 1 panjang patokan uji (lihat Tabel 1)

Gambar 2 - Potongan uji bentuk dumb-bell

Standar ketebalan pada bagian sempit adalah $2,0 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ untuk tipe 1, 2, 3 dan 1A dan $1,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ untuk tipe 4.

Panjang patokan uji sesuai dengan Tabel 1.

Dimensi lain dari bentuk dumb-bell dibuat dengan *die* (pisau pemotong) yang sesuai seperti pada Tabel 2.

Untuk potongan uji yang tidak standar, misalnya dari contoh yang disiapkan dari potongan barang-jadi, ketebalan maksimum dari bagian sempit adalah 3,0 mm untuk tipe 1 dan 1A, 2,5 mm untuk tipe 2 dan 3 dan 2,0 mm untuk tipe 4.

Tabel 1 - Panjang patokan uji dari dumb-bell

Tipe contoh uji	Tipe 1	Tipe 1A	Tipe 2	Tipe 3	Tipe 4
Panjang patokan uji (mm)	$25 \pm 0,5$	$20 \pm 0,5^a$	$20 \pm 0,5$	$10 \pm 0,5$	$10 \pm 0,5$
^a Panjang patokan uji tidak melebihi panjang dari bagian sempit dari potongan uji (dimensi C pada tabel 2).					

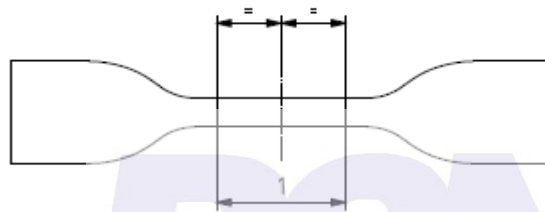
Type 3 and 4 dumb-bell test pieces and type B ring test pieces shall only be used where insufficient material is available for the larger test pieces. These test pieces are particularly suitable for testing products and are used in certain product standards, e.g. type 3 dumb-bells have been used for testing pipe sealing rings and cables.

When preparation of test pieces requires buffing or thickness adjustment, results may be affected.

6 Test pieces

6.1 Dumb-bells

Dumb-bell test pieces shall have the outline shown in Figure 2.



Key

1 test length (see Table 1)

Figure 2 - Shape of dumb-bell test pieces

The standard thickness of the narrow portion shall be $2,0 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ for types 1, 2, 3 and 1A and $1,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ for type 4.

The test length shall be in accordance with Table 1.

The other dimensions of the dumb-bells shall be as produced by the appropriate die (see Table 2).

For non-standard test pieces, e.g. those taken from finished products, the maximum thickness of the narrow portion shall be 3,0 mm for types 1 and 1A, 2,5 mm for types 2 and 3, and 2,0 mm for type 4.

Table 1 — Test length of dumb-bells

Type of test piece	Type 1	Type 1A	Type 2	Type 3	Type 4
Test length (mm)	$25 \pm 0,5$	$20 \pm 0,5^a$	$20 \pm 0,5$	$10 \pm 0,5$	$10 \pm 0,5$
^a The test length shall not exceed the length of narrow portion of the test piece (dimension C in Table 2).					

6.2 Bentuk cincin

Potongan uji standar berbentuk cincin tipe A mempunyai diameter dalam $44,6 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$. Nilai tengah ketebalan aksial dan lebar radial $4 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$. Deviasi lebar radial dari setiap cincin tidak boleh melebihi $0,2 \text{ mm}$ dari nilai tengah dan deviasi ketebalan aksial tidak boleh melebihi 2% dari nilai tengah.

Potongan uji standar berbentuk cincin tipe B mempunyai diameter dalam $8 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$. Nilai tengah ketebalan aksial dan nilai tengah radial $1 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$. Deviasi lebar radial tidak boleh melebihi $0,1 \text{ mm}$ dari nilai tengah.

7 Peralatan

7.1 Die dan pemotong

Semua *die* dan pemotong harus sesuai dengan ketentuan ISO 23529. Die untuk menyiapkan dumb-bell harus mempunyai dimensi seperti tertera pada Tabel 2 dan Gambar 3. Penyimpangan dari kesejajaran sepanjang lebar pada bagian yang sempit tidak boleh lebih dari $0,05 \text{ mm}$.

Untuk metode pemotongan potongan uji cincin tipe B, lihat Lampiran A.

7.2 Pengukur ketebalan

Alat pengukur ketebalan dari contoh uji dumb-bell dan ketebalan aksial cincin mengacu kepada metode A dari ISO 23529:2004

Alat untuk mengukur lebar radial potongan uji berbentuk cincin sama dengan diatas, kecuali kontak dan plat dasar dibentuk untuk mendapatkan lekukan dari cincin.

6.2 Rings

The standard type A ring test piece shall have an internal diameter of $44,6 \pm 0,2$ mm. The median axial thickness and median radial width shall be $4 \text{ mm} \pm 0,2$ mm. The radial width within any ring shall nowhere deviate from the median by more than 0,2 mm and the axial thickness within the ring shall nowhere deviate from the median by more than 2 %.

The standard type B ring test piece shall have an internal diameter of $8 \text{ mm} \pm 0,1$ mm. The median axial thickness and median radial width shall be $1 \text{ mm} \pm 0,1$ mm. The radial width within any ring shall nowhere deviate from the median by more than 0,1 mm.

7 Apparatus

7.1 Dies and cutters

All dies and cutters used shall be in accordance with ISO 23529. Dies for preparation of dumb-bells shall have the dimensions given in Table 2 and Figure 3. The departure from parallelism at any point along the width of the narrow portion of the die shall nowhere exceed 0,05 mm.

For a method of cutting type B ring test pieces, see Annex A.

7.2 Thickness gauge

The instrument for measuring the thickness of dumb-bell test pieces and the axial thickness of ring test pieces shall be in accordance with that used in method A of ISO 23529:2004.

The instrument for measuring the radial width of ring test pieces shall be similar to the above, except that the contact and base plate shall be shaped to fit the curvature of the ring.

Tabel 2 - Die untuk pemotongan contoh uji dumb-bell

Dimensi	Tipe 1	Tipe 1A	Tipe 2	Tipe 3	Tipe 4
A Panjang keseluruhan (minimum) ^a (mm)	115	100	75	50	35
B Lebar bagian ujung dumb-bell (mm)	25,0 ± 1	25,0 ± 1	12,5 ± 1	8,5 ± 0,5	6 ± 0,5
C Panjang bagian sempit (mm)	33 ± 2	20 ± 2	25 ± 1	16 ± 1	12 ± 0,5
D Lebar bagian sempit (mm)	6 ± 0,4	5 ± 0,1	4 ± 0,1	4 ± 0,1	2 ± 0,1
E Lengkungan radius ke bagian sempit (mm)	14 ± 1	11 ± 1	8 ± 0,5	7,5 ± 0,5	3 ± 0,1
F Lengkungan radius ke bagian ujung (mm)	25 ± 2	25 ± 2	12,5 ± 1	10 ± 0,5	3 ± 0,1
^a untuk memastikan bahwa bagian ujung saja yang kontak dengan grip mesin, maka panjang bisa dilebihkan.					

7.3 Cone gauge

Cone gauge yang telah dikalibrasi atau alat lain yang cocok digunakan untuk mengukur diameter dalam potongan uji berbentuk cincin. Peralatan harus dapat mengukur diameter dengan penyimpangan tidak lebih dari 0,01 mm. Penyangga potongan uji cincin yang akan diukur dimaksudkan untuk menghindari adanya perubahan dimensi pada saat pengukuran.

7.4 Mesin uji tarik

7.4.1 Mesin uji tarik sesuai dengan standar ISO 5893, memiliki akurasi pengukuran gaya kelas 2. Extensometer yang digunakan memiliki akurasi kelas D untuk potongan uji dumb-bell tipe 1, 2 dan 1A dan potongan uji berbentuk cincin tipe A, dan kelas E untuk potongan uji dumb-bell tipe 3 dan 4 dan potongan uji berbentuk cincin tipe B. Mesin dapat meregangkan contoh uji dengan kecepatan 100 mm/menit, 200 mm/menit dan 500 mm/menit.

7.4.2 Untuk pengujian di luar suhu laboratorium standar, pengendali suhu yang cocok dapat dipasang pada alat. Petunjuk untuk suhu rendah dibawah normal, mengacu kepada ISO 23529.

8 Jumlah potongan uji

Minimum 3 potongan uji harus diuji untuk setiap contoh

CATATAN Jumlah potongan uji telah ditetapkan sebelumnya dan penggunaan lima potongan uji akan menghasilkan nilai ketidakpastian yang lebih rendah daripada pengujian dengan tiga potongan uji.

9 Persiapan contoh uji

9.1 Dumb-bell

Contoh uji disiapkan dengan metode mengacu pada standar ISO 23529. Dumb-bell dibuat dengan cara memotong sejajar dengan arah putaran gilingan dari kompon, kecuali untuk keperluan penelitian, dimana diperuntukan arah dumb-bell yang tegak lurus dengan arah putaran gilingan.

Table 2 - Dimensions of dies for dumb-bell test pieces

Dimension	Type 1	Type 1A	Type 2	Type 3	Type 4
A Overall length (minimum) ^a (mm)	115	100	75	50	35
B Width of ends (mm)	25.0 ± 1	25.0 ± 1	12.5 ± 1	8.5 ± 0.5	6 ± 0.5
C Length of narrow portion (mm)	33 ± 2	20 ± 2	25 ± 1	16 ± 1	12 ± 0.5
D Width of narrow portion (mm)	6 ± 0.4	5 ± 0.1	4 ± 0.1	4 ± 0.1	2 ± 0.1
E Transition radius outside (mm)	14 ± 1	11 ± 1	8 ± 0.5	7,5 ± 0.5	3 ± 0.1
F Transition radius inside (mm)	25 ± 2	25 ± 2	12.5 ± 1	10 ± 0.5	3 ± 0.1

^a A greater overall length may be necessary to ensure that only the wide end tabs come into contact with the machine grips, thus avoiding "shoulder breaks".

7.3 Cone gauge

A calibrated cone gauge or other suitable equipment shall be used to measure the internal diameter of ring test pieces. The equipment shall be capable of measuring the diameter with an error of not more than 0,01 mm. The means of supporting the ring test piece to be measured shall be such as to avoid any significant change in the dimension being measured.

7.4 Tensile-testing machine

7.4.1 The tensile-testing machine shall comply with the requirements of ISO 5893, having an accuracy of force measurement complying with class 2. An extensometer, where used, shall have an accuracy complying with class D for type 1, 2 and 1A dumb-bell and type A ring test pieces, and class E for type 3 and 4 dumb-bell and type B ring test pieces. The machine shall, as a minimum, be capable of operating at rates of traverse of 100 mm/min, 200 mm/min and 500 mm/min.

7.4.2 For tests at temperatures other than standard laboratory temperature, a suitable thermostatically controlled chamber shall be fitted to the tensile-testing machine. Guidance for achieving elevated or subnormal temperatures is given in ISO 23529.

8 Number of test pieces

A minimum of three test pieces shall be tested.

NOTE The number of test pieces should be decided in advance and the use of five test pieces will give a lower uncertainty than a test with three test pieces.

9 Preparation of test pieces

9.1 Dumb-bells

Dumb-bell test pieces shall be prepared by the appropriate methods described in ISO 23529. Dumb-bells shall, wherever possible, be cut parallel to the grain of the material unless grain effects are to be studied, in which case a set of dumb-bells shall also be cut perpendicular to the grain.

9.2 Cincin

Potongan uji berbentuk cincin disiapkan dengan memotong atau *punching* seperti diterangkan dalam ISO 23529 atau dengan cara mencetak.

10 Pengkondisian contoh dan potongan uji

10.1 Waktu antara vulkanisasi dan pengujian

Untuk seluruh pengujian, selang waktu minimum antara vulkanisasi dan pengujian adalah 16 jam.

Untuk potongan uji yang berasal dari non-produk (vulkanisat), rentang waktu antara vulkanisasi sampai pengujian, maksimum 4 minggu, dan untuk tujuan evaluasi agar dapat diperbandingkan, sedapat mungkin dilakukan pengujian pada rentang waktu yang sama.

Untuk potongan uji yang berasal dari potongan, barang-jadi, rentang waktu tidak melebihi 3 bulan. Dalam beberapa hal, pengujian dilakukan dalam 2 bulan setelah produk diterima oleh pembeli (*customer*).

10.2 Perlindungan contoh dan potongan uji

Contoh dan potongan uji harus dilindungi dari pengaruh luar yang mungkin dapat merusak contoh dan potongan uji sebelum dilaksanakan pengujian, misalnya cahaya dan panas.

10.3 Pengkondisian contoh uji

Pengkondisian seluruh contoh yang bukan berasal dari lateks, dikondisikan sesuai dengan ISO 23529 pada suhu laboratorium standar, tanpa pengontrol kelembaban, tidak kurang dari 3 jam sebelum dibuat contoh uji.

Pengkondisian contoh yang berasal dari lateks dikondisikan sesuai dengan ISO 23529 pada suhu laboratorium standar dengan pengontrol kelembaban, selama tidak kurang dari 96 jam sebelum dibuat contoh uji.

10.4 Pengkondisian potongan uji

Potongan uji dikondisikan sesuai ISO 23529. Bila persiapan potongan uji juga melibatkan proses pengikisan, interval waktu antara pengikisan dengan pengujian minimum 16 jam dan maksimum 72 jam.

Pengujian dapat dilakukan langsung setelah dipotong dari contoh yang sudah dikondisikan pada suhu standar. Kalau contoh uji masih perlu perlakuan, maka contoh uji harus dikondisikan sedikitnya 3 jam lagi pada suhu standar.

Untuk pengujian diluar suhu standar, pengkondisian potongan uji pada suhu dimana pengujian dilakukan selama periode yang cukup untuk mencapai keseimbangan sesuai dengan ISO 23529 (lihat 7.4.2)

9.2 Rings

Ring test pieces shall be prepared by cutting or punching, using the appropriate methods described in ISO 23529, or by moulding.

10 Conditioning of sample and test pieces

10.1 Time between vulcanization and testing

For all test purposes, the minimum time between vulcanization and testing shall be 16 h.

For non-product tests the maximum time between vulcanization and testing shall be 4 weeks and, for evaluations intended to be comparable, the tests, as far as possible, shall be carried out after the same time interval.

For product tests, whenever possible, the time between vulcanization and testing shall not exceed 3 months. In other cases, tests shall be made within 2 months of the date of receipt of the product by the customer.

10.2 Protection of samples and test pieces

Samples and test pieces shall be protected as completely as possible from all external influences likely to cause damage during the interval between vulcanization and testing, e.g. they shall be protected from light and heat.

10.3 Conditioning of samples

Condition all samples, other than those from latex, in accordance with ISO 23529 at standard laboratory temperature, without humidity control, for not less than 3 h prior to cutting out the test pieces.

Condition all prepared latex samples in accordance with ISO 23529 at standard laboratory temperature, with humidity control, for not less than 96 h prior to cutting out the test pieces.

10.4 Conditioning of test pieces

Condition all test pieces in accordance with ISO 23529. If the preparation of test pieces involves buffing, the interval between buffing and testing shall be not less than 16 h and not greater than 72 h.

For tests at standard laboratory temperature, test pieces that do not require further preparation may be tested immediately, if cut from conditioned test samples. Where additional preparation is involved, a minimum conditioning period of 3 h at standard laboratory temperature shall be allowed.

For tests at temperatures other than standard laboratory temperature, condition the test pieces at the temperature at which the test is to be conducted for a period sufficient to enable the test pieces to attain substantial equilibrium in accordance with ISO 23529 (see also 7.4.2).

11 Penandaan patokan panjang potongan uji berbentuk dumb-bell

Jika menggunakan non kontak extensometer, tandai potongan uji dumb-bell dengan 2 tanda untuk menetapkan panjang pengujian seperti yang terdapat pada Tabel 1, menggunakan penanda yang cocok. penandaan panjang patokan potongan uji dumb-bell dilakukan sebelum peregangannya dimulai.

Garis harus ditandai ditengah bagian sempit dari dumb-bell seperti pada Gambar 2 dimana kedua tanda berada pada jarak yang sama dari tengah-tengah potongan uji dan pada sudut yang sama terhadap garis longitudinalnya.

12 Pengukuran potongan uji

12.1 Dumb-bell

Ukur ketebalan pada bagian tengah dan setiap ujung dari patokan panjang potongan uji dengan menggunakan alat pengukur ketebalan. Nilai tengah dari ketiga hasil pengukuran digunakan untuk menghitung penampang. Untuk setiap dumb-bell, perbedaan nilai ketebalan dari tiga titik pengukuran terhadap nilai tengah tidak boleh melebihi dari 2%. Lebar dari potongan uji yang ditetapkan sebagai jarak pinggir pemotong die pada bagian sempit yang diukur sesuai dengan ISO 23529 harus mendekati 0,05 mm.

12.2 Cincin

Ukur lebar radial dan ketebalan aksial pada enam tempat yang berjarak sama di sekeliling cincin. Nilai tengah dari setiap set pengukuran digunakan untuk perhitungan luas penampang. Diameter dalam diukur dengan ketelitian 0,1 mm. Lingkaran dalam dan lingkaran rata-rata dihitung sebagai berikut :

$$\text{Lingkaran dalam} = \pi \times \text{diameter dalam}$$

$$\text{Lingkaran rata-rata} = \pi \times (\text{diameter dalam} + \text{lebar radial})$$

12.3 Perbandingan dari kelompok potongan uji

Bila dua grup potongan uji (baik *dumb-bell* atau cincin) akan dibandingkan, nilai tengah ketebalan masing-masing grup tidak boleh melebihi 7,5% dari nilai tengah keseluruhan ketebalan kedua grup.

13 Prosedur

13.1 Potongan uji *dumb-bell*

Tempatkan potongan uji pada mesin uji kuat tarik, dan amati dengan cermat sehingga kedua ujung dumb-bell dijepit oleh grip-grip secara simetris sehingga peregangannya dapat terdistribusi secara merata pada seluruh penampang. Bila dibutuhkan, set peralatan extensometer. Jalankan mesin dan amati pada monitor terus-menerus perubahan patokan panjang potongan uji dan tenaga untuk meregang dengan ketepatan $\pm 2\%$ atau sesuai dengan yang diperlukan pada klausul 15.

11 Marking of dumb-bell test pieces

If using a non-contact extensometer, mark the dumb-bell test pieces with two reference marks to define the test length as specified in Table 1, using a suitable marker. The test piece shall be unstrained when it is marked.

The lines shall be marked on the narrow part of the test piece, as shown in Figure 2, i.e. equidistant from the centre of the test piece and at right angles to its longitudinal axis.

12 Measurement of test pieces

12.1 Dumb-bells

Measure the thickness at the centre and at each end of the test length with the thickness gauge. The median value of the three measurements shall be used in calculating the area of the cross-section. In any one dumbbell, none of the three thickness measurements of the narrow portion shall differ by more than 2 % from the median thickness. The width of the test piece shall be taken as the distance between the cutting edges of the die in the narrow part, and this distance shall be measured in accordance with ISO 23529 to the nearest 0,05 mm.

12.2 Rings

Measure the radial width and axial thickness at six approximately equally spaced positions around the ring. The median value of each set of measurements shall be used in calculating the area of the cross-section. The internal diameter shall be measured to the nearest 0,1 mm. Calculate the internal circumference and the mean circumference as follows:

Internal circumference = $\pi \times$ internal diameter

Mean circumference = $\pi \times$ (internal diameter + radial width)

12.3 Comparison of groups of test pieces

If two groups of test pieces (either dumb-bells or rings) are being compared, the median thickness of each group shall be within 7,5 % of the grand median thickness of the two groups.

13 Procedure

13.1 Dumb-bell test pieces

Insert the test piece into the tensile-testing machine, ensuring that the end tabs are gripped symmetrically so that the tension is distributed uniformly over the cross-section. If necessary, set up the extensometry device. Start the machine and monitor continuously the change in test length and force throughout the test to an accuracy within ± 2 % or as required for the purposes of Clause 15.

Kecepatan nominal dari gerakan grip penarik haruslah 500 mm/menit untuk potongan uji tipe 1, 2 dan 1A dan 200 mm/menit untuk tipe 3 dan tipe 4.

Setiap potongan uji yang putus di luar patokan panjang potongan uji, hasilnya tidak berlaku (lihat Gambar 2) dan pengujian harus diulang dengan potongan uji yang baru.

CATATAN Pengukuran perpanjangan secara visual harus dilakukan dengan sangat hati-hati untuk menghindari kesalahan baca.

13.2 Potongan uji cincin

Tempatkan potongan uji dengan tegangan minimum antara kedua penarik. Jalankan mesin dan amati dengan cermat jarak antara penarik dan peningkatan kuat tarik selama pengujian dengan ketepatan $\pm 2\%$ atau sesuai dengan yang diperlukan pada klausul 15. Kecepatan nominal dari gerakan penarik haruslah 500 mm/menit untuk potongan uji tipe A dan 100 mm/menit untuk potongan uji tipe B.

14 Suhu pengujian

Pengujian dilakukan pada salah satu suhu standar laboratorium mengacu pada standar ISO 23529. Bila diperlukan suhu yang lain, harus dipilih dari daftar suhu yang diijinkan sesuai dengan ISO 23529.

Suhu yang sama harus digunakan untuk satu pengujian atau serangkaian pengujian yang dimaksudkan untuk perbandingan.

15 Perhitungan hasil

15.1 Potongan uji *dumb-bell*

Hitung kuat tarik, TS , dinyatakan dalam megapascal, menggunakan persamaan

$$TS = \frac{F_m}{W_t}$$

Hitung kuat tarik saat putus, TS_b , dinyatakan dalam megapascal, menggunakan persamaan

$$TS_b = \frac{F_b}{W_t}$$

Hitung perpanjangan putus, E_b , dinyatakan dalam persen, menggunakan persamaan

$$E_b = \frac{100(L_b - L_0)}{L_0}$$

Hitung tegangan pada perpanjangan tertentu, S_e , dinyatakan dalam megapascal, menggunakan persamaan

$$S_e = \frac{F_e}{W_t}$$

The nominal rate of traverse of the moving grip shall be 500 mm/min for type 1, type 2 and type 1A test pieces and 200 mm/min for type 3 and type 4 test pieces.

Any test piece that breaks outside the narrow portion or yields outside the test length (see Figure 2) shall be discarded and a repeat test conducted on an additional test piece.

NOTE In making visual measurements, care should be taken to avoid inaccuracies due to parallax.

13.2 Ring test pieces

Place the test piece with a minimum of tension around the two pulleys. Start the machine and monitor continuously the distance between the pulleys and the increase in stress throughout the test to an accuracy of $\pm 2\%$ or as required for the purposes of Clause 15.

The nominal rate of traverse of the moving pulley shall be 500 mm/min for type A test pieces and 100 mm/min for type B test pieces.

14 Temperature of test

The test shall normally be carried out at one of the standard laboratory temperatures specified in ISO 23529. When other temperatures are required, these shall be selected from the list of preferred temperatures given in ISO 23529.

The same temperature shall be used throughout any one test or series of tests intended to be comparable.

15 Calculation of results

15.1 Dumb-bells

Calculate the tensile strength TS, expressed in megapascals, using the equation

$$TS = \frac{F_m}{W_t}$$

Calculate the tensile strength at break TS_b , expressed in megapascals, using the equation

$$TS_b = \frac{F_b}{W_t}$$

Calculate the elongation at break E_b , expressed as a percentage, using the equation

$$E_b = \frac{100(L_b - L_0)}{L_0}$$

Calculate the stress at a given elongation, S_e , expressed in megapascals, using the equation

$$S_e = \frac{F_e}{W_t}$$

Hitung perpanjangan pada tegangan tertentu, E_s , dinyatakan dalam persen, menggunakan persamaan

$$E_s = \frac{100(L_s - L_0)}{L_0}$$

Nilai tenaga dalam newton, F_e menyatakan kekuatan yang diperlukan, dihitung dengan menggunakan persamaan

$$F_e = S_e Wt$$

Hitung kuat tarik pada yield S_y , dinyatakan dalam megapascal, dari tenaga yang dicatat pada titik yield, menggunakan persamaan

$$S_y = \frac{F_y}{Wt}$$

Hitung perpanjangan pada yield E_y , dinyatakan dalam persen, menggunakan persamaan

$$E_y = \frac{100(L_y - L_0)}{L_0}$$

Persamaan-persamaan diatas, menggunakan simbol dengan arti sebagai berikut :

- F_b adalah tenaga regangan saat putus, newton
- F_e adalah tenaga regangan pada perpanjangan tertentu, newton
- F_m adalah tenaga regangan maksimum, newton
- F_y adalah tenaga regangan pada yield, newton
- L_0 adalah panjang patokan uji semula, milimeter
- L_b adalah panjang patokan uji saat putus, milimeter
- L_s adalah panjang patokan uji pada tegangan tertentu, milimeter
- L_y adalah panjang patokan uji pada yield, milimeter
- S_e adalah tegangan yang diperlukan, megapascal
- t adalah ketebalan dari potongan uji, milimeter
- W adalah lebar bagian sempit dari die, milimeter

Calculate the elongation at a given stress, E_s , expressed as a percentage, using the equation

$$E_s = \frac{100(L_s - L_0)}{L_0}$$

The value, in newtons, of the force F_e corresponding to the required stress is calculated using the equation

$$F_e = S_e Wt$$

Calculate the tensile stress at yield S_y , expressed in megapascals, from the force recorded at the yield point, using the equation

$$S_y = \frac{F_y}{Wt}$$

Calculate the elongation at yield E_y , expressed as a percentage, using the equation

$$E_y = \frac{100(L_y - L_0)}{L_0}$$

In the equations given above, the symbols used have the following meanings:

- F_b is the force recorded at break, in newtons;
- F_e is the force recorded at the given strain, in newtons;
- F_m is the maximum force recorded, in newtons;
- F_y is the force recorded at yield, in newtons;
- L_0 is the initial test length, in millimetres;
- L_b is the test length at break, in millimetres;
- L_s is the test length at a given stress, in millimetres;
- L_y is the test length at yield, in millimetres;
- S_e is the required stress, in megapascals;
- t is the thickness of the test length, in millimetres;
- W is the width of the narrow portion of the die, in millimetres.

15.2 Potongan uji cincin

Hitung kuat tarik ,TS, dinyatakan dalam megapascal, menggunakan persamaan

$$TS = \frac{F_m}{2Wt}$$

Hitung kuat tarik saat putus, TS_b, dinyatakan dalam megapascal, menggunakan persamaan

$$TS_b = \frac{F_b}{2Wt}$$

Hitung perpanjangan putus, E_b, dinyatakan dalam persen, menggunakan persamaan

$$E_b = \frac{100(\pi d + 2L_b - C_i)}{C_i}$$

Hitung tegangan pada perpanjangan tertentu, S_e, dinyatakan dalam megapascal, menggunakan persamaan

$$S_e = \frac{F_e}{2Wt}$$

Jarak, dalam milimeter antara bagian tengah tarikan dengan perpanjangan tertentu L_e, juga dalam milimeter, dihitung dengan menggunakan persamaan

$$L_e = \frac{C_m E_s}{200} + \frac{C_i - \pi d}{2}$$

Hitung perpanjangan pada tegangan tertentu, E_s, dinyatakan dalam persen, menggunakan persamaan

$$E_s = \frac{100(\pi d + 2L_s - C_i)}{C_m}$$

Nilai tenaga dalam newton, F_e menyatakan kekuatan yang diperlukan, dihitung dengan menggunakan persamaan

$$F_e = 2S_e Wt$$

Hitung kuat tarik pada yield S_y, dinyatakan dalam megapascal, dari tenaga yang dicatat pada titik yield, menggunakan persamaan

$$S_y = \frac{F_y}{2Wt}$$

Hitung perpanjangan pada yield E_y, dinyatakan dalam persen, menggunakan persamaan

$$E_y = \frac{100(\pi d + 2L_y - C_i)}{C_m}$$

15.2 Ring test pieces

Calculate the tensile strength TS, expressed in megapascals, using the equation

$$TS = \frac{F_m}{2Wt}$$

Calculate the tensile strength at break TS_b, expressed in megapascals, using the equation

$$TS_b = \frac{F_b}{2Wt}$$

Calculate the elongation at break E_b, expressed as a percentage, using the equation

$$E_b = \frac{100(\pi d + 2L_b - C_i)}{C_i}$$

Calculate the stress at a given elongation, S_e, expressed in megapascals, using the equation

$$S_e = \frac{F_e}{2Wt}$$

The distance, in millimetres, between the pulley centres corresponding to a given elongation L_e, also in millimetres, is calculated using the equation

$$L_e = \frac{C_m E_s}{200} + \frac{C_i - \pi d}{2}$$

Calculate the elongation at a given stress, E_s, expressed as a percentage, using the equation

$$E_s = \frac{100(\pi d + 2L_s - C_i)}{C_m}$$

The value, in newtons, of the force F_e corresponding to the required stress is calculated using the equation

$$F_e = 2S_e Wt$$

Calculate the tensile stress at yield S_y, expressed in megapascals, using the equation

$$S_y = \frac{F_y}{2Wt}$$

Calculate the elongation at yield E_y, expressed as a percentage, using the equation

$$E_y = \frac{100(\pi d + 2L_y - C_i)}{C_m}$$

Persamaan-persamaan diatas, menggunakan simbol dengan arti sebagai berikut :

- C_i adalah lingkaran dalam awal dari cincin, milimeter
 C_m adalah lingkaran rata-rata awal dari cincin, milimeter
 d adalah diameter dari penarik (pulley), milimeter
 E_s adalah perpanjangan tertentu, %
 F_b adalah tenaga tarikan saat putus, newton
 F_e adalah tenaga tertentu, newton
 F_m adalah tenaga maksimum yang dicatat, newton
 F_y adalah tenaga yang dicatat pada yield, newton
 L_b adalah jarak antara pusat penarik saat putus, milimeter
 L_s adalah jarak antara pusat pada tegangan tertentu, milimeter
 L_y adalah jarak antara pusat penarik pada yield, milimeter
 S_e adalah tenaga yang diperlukan, megapascal
 t adalah ketebalan cincin, milimeter
 W adalah lebar radial dari cincin, milimeter

16 Hasil

Bila lebih dari satu sifat tegangan regangan harus ditentukan pada potongan uji yang sama, data pengujian harus diperlakukan seakan-akan diperoleh secara indenpenden untuk setiap sifat dan hasil uji dihitung secara terpisah untuk setiap sifat.

Nilai tengah dari setiap sifat harus dilaporkan.

17 Laporan hasil uji

Laporan hasil uji memuat informasi berikut :

- a) Standar yang digunakan
- b) Data penting untuk identifikasi contoh yang diuji dan potongan uji :
 - 1) Uraian lengkap contoh dan asal-usulnya,
 - 2) Rincian kompon dan kondisi pemasakan, jika diketahui,
 - 3) Uraian lengkap potongan uji
 - metode persiapan potongan uji (contoh dikikis), tipe potongan uji, nilai tengah dari ketebalan
 - Arah dari potongan uji berbentuk *dumb-bell* terhadap arah putaran gilingan (grain)
 - 4) Jumlah potongan uji yang telah diuji

In the equations given above, the symbols used have the following meanings:

- C_i is the initial internal circumference of the ring, in millimetres;
 C_m is the initial mean circumference of the ring, in millimetres;
 d is the diameter of the pulleys, in millimetres;
 E_s is the given elongation, expressed as a percentage;
 F_b is the force recorded at break, in newtons;
 F_e is the required force at the given strain, in newtons;
 F_m is the maximum force recorded, in newtons;
 F_y is the force recorded at yield, in newtons;
 L_b is the distance between pulley centres at break, in millimetres;
 L_s is the distance between pulley centres at the given stress, in millimetres;
 L_y is the distance between pulley centres at yield, in millimetres;
 S_e is the required stress, in megapascals;
 t is the axial thickness of the ring, in millimetres;
 W is the radial width of the ring, in millimetres.

16 Expression of results

When more than one tensile stress-strain property is being determined on the same test pieces, the test data shall be treated as if they had been obtained independently for each property and the result calculated as described for each property separately.

In all cases, the median for each property shall be reported.

17 Test report

The test report shall include the following particulars:

- a) a reference to this National Standard;
- b) details of sample and test pieces:
 - 1) a full description of the sample and its origin,
 - 2) compound details and cure condition, if known,
 - 3) a description of the test pieces:
 - the method of preparation of the test pieces (e.g buffing), the type of test piece, its median thickness,
 - the direction relative to grain in which dumb-bell test pieces were cut,
 - 4) the number of test pieces tested;

- c) Data pengujian :
 - 1) suhu pengujian, bila berbeda dengan suhu laboratorium standar, dan kelembaban nisbi jika perlu,
 - 2) tanggal pengujian,
 - 3) Setiap penyimpangan dari prosedur yang ditentukan
- d) Hasil pengujian, misalnya nilai tengah dari sifat-sifat yang ditentukan, dihitung menurut pasal 15.



- c) test details:
- 1) the temperature of test, if other than the standard laboratory temperature, and the relative humidity if necessary,
 - 2) the date of testing,
 - 3) any deviations from the procedure specified;
- d) the test results, i.e. the median values of the properties determined, calculated in accordance with Clause 15.



LAMPIRAN A
(informatif)**Persiapan potongan uji cincin tipe B**

Cincin dapat dipotong menggunakan mesin pemotong berputar yang bergerak 400 putaran per menit dan dilengkapi dengan penjepit khusus untuk pisau (lihat Gambar A.1). Pisau harus dilumasi dengan larutan sabun dan secara berkala diuji ketajamannya, kerusakannya dll. Contoh harus tertahan kokoh selama pemotongan dengan mesin potong seperti terlihat pada Gambar A.2.



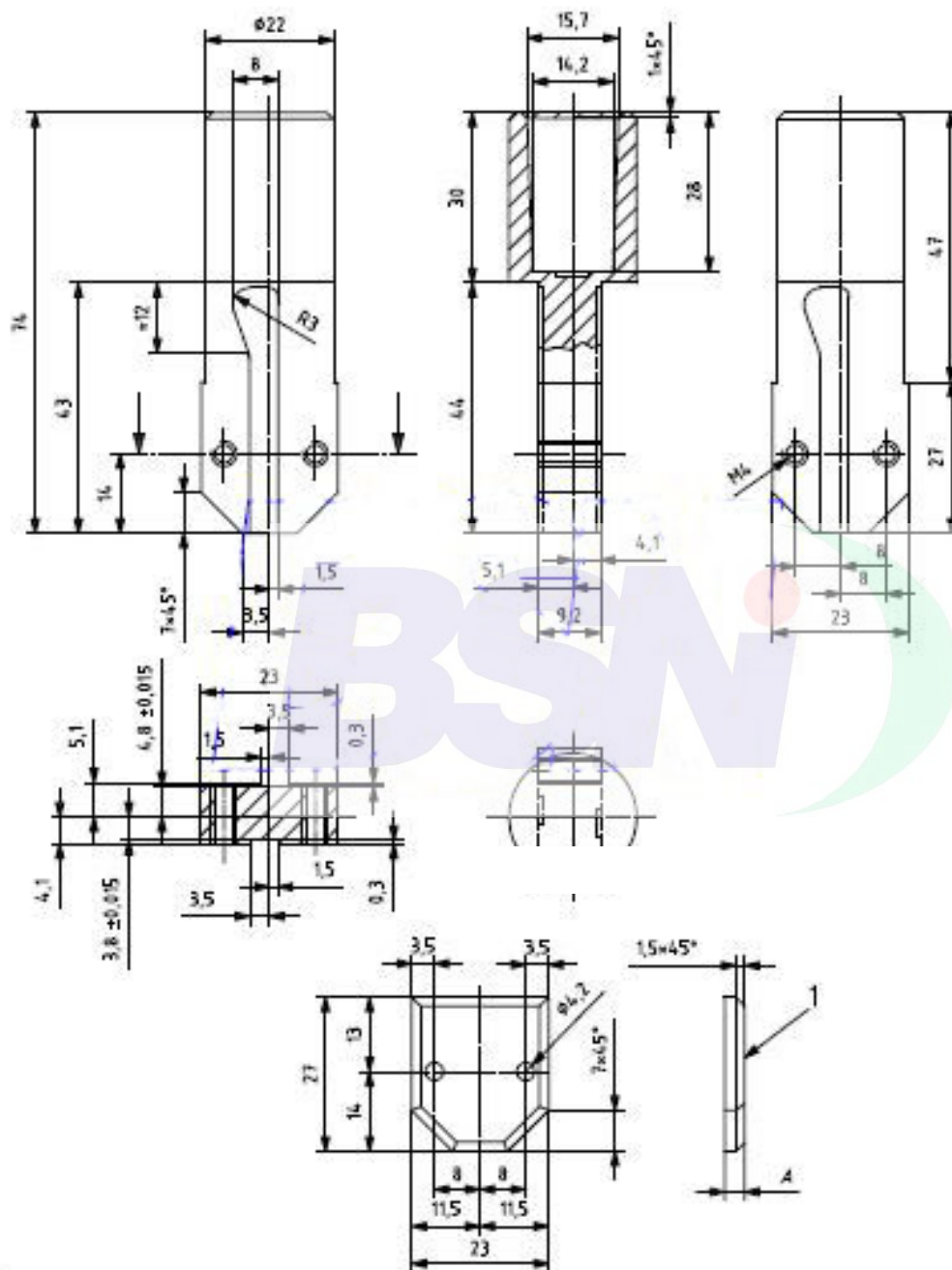
Annex A
(informative)

Preparation of type B ring test pieces

The rings may be cut out using a rotary cutting machine operated at 400 rev/min and fitted with a special holder for blades (see Figure A.1). The blades shall be lubricated with soap solution and inspected frequently for sharpness, damage, etc. The sample shall be secured during cutting with the device shown in Figure A.2.



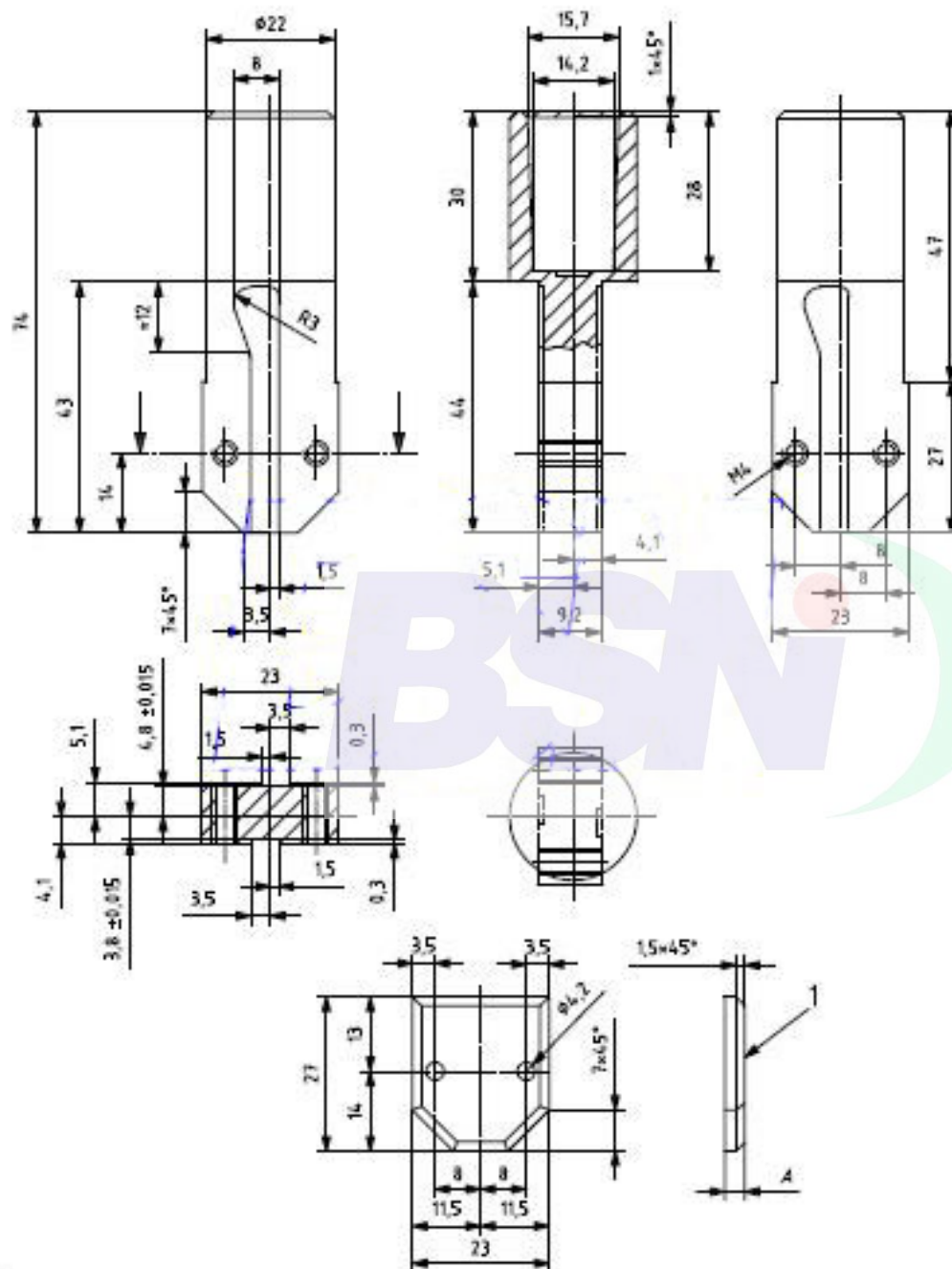
Dimensi dalam millimeter

**Keterangan:**

- 1 Klem untuk pemotong (dimensi A tidak kritis)

Gambar A.1 - Alat khusus dengan pisau pemotong yang dapat bergerak

Dimensions in millimeters

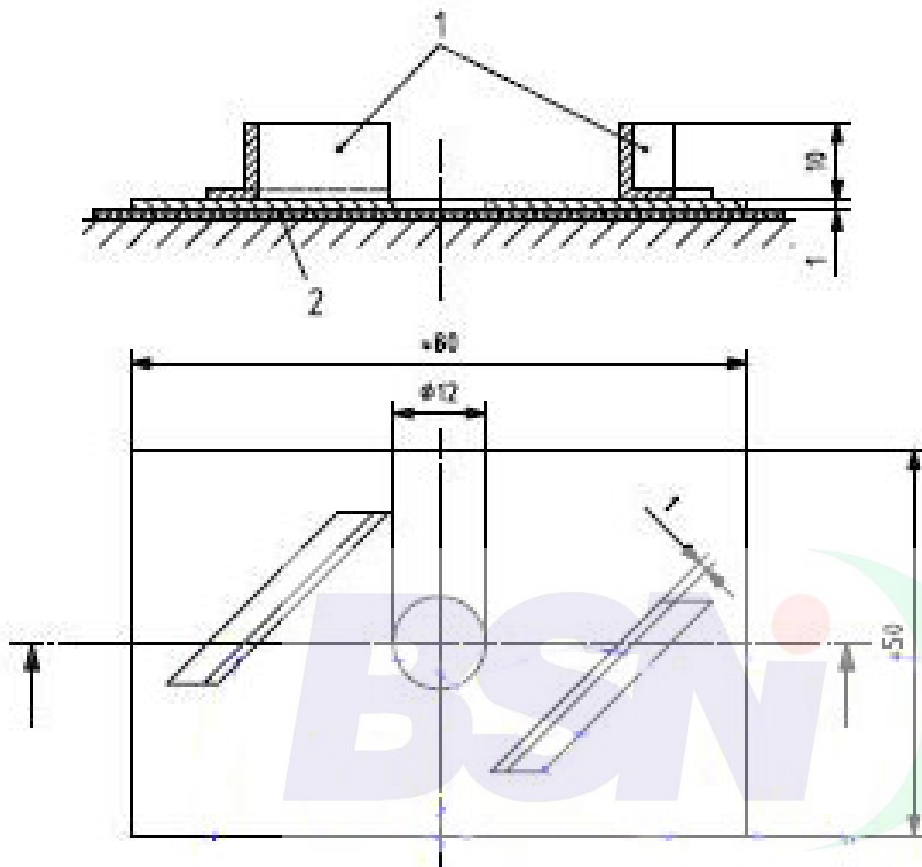


Key:

- 1 side-clamp for blade (dimension A is not critical)

Figure A.1 - Special tool holding removable blades

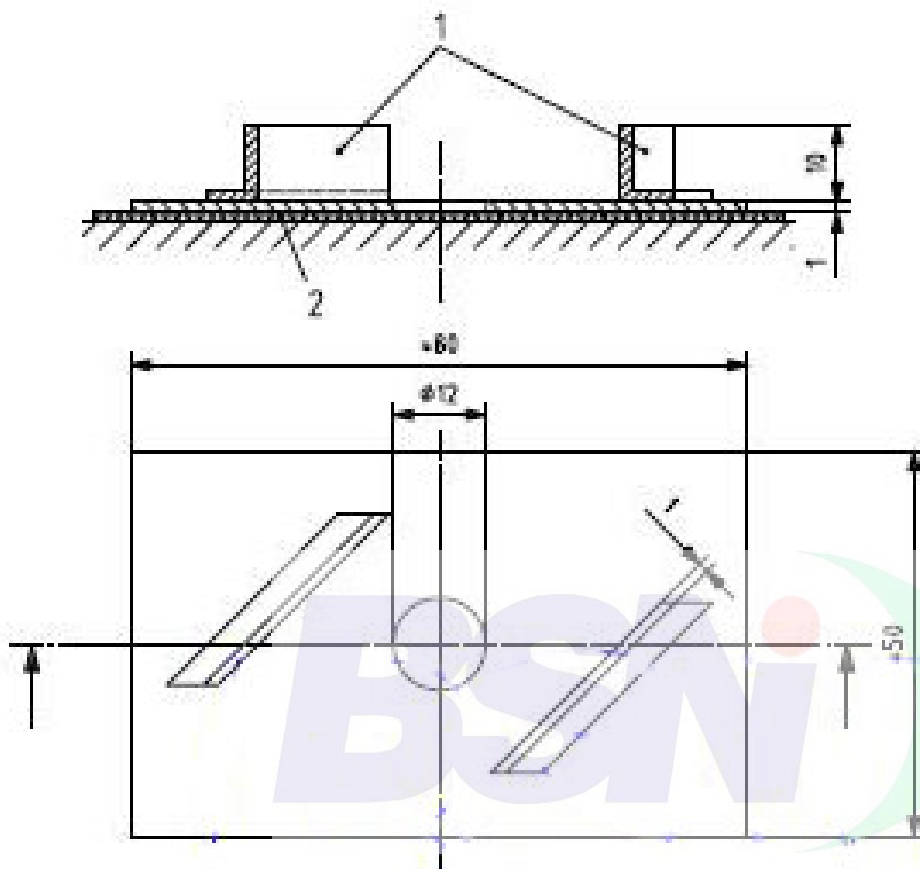
Dimensi dalam milimeter

**Keterangan:**

- 1 Pelindung jari operator
- 2 Lembaran yang akan dipotong

Gambar A.2 - Alat untuk menahan lembaran karet

Dimensions in millimetres



Key:

- 1 protection for operator's fingers
- 2 sheet to be cut

Figure A.2 - Tool for holding the rubber sheet

LAMPIRAN B (informatif)

Presisi

B.1 Umum

Repeatabilitas dan reproduksibilitas dari metoda telah dihitung menurut ISO/TR 9272:2005.

Data mentah diolah untuk menentukan outlier pada tingkat kepercayaan 5% dan 2% sesuai dengan prosedur yang terdapat pada ISO/TR 9272:2005.

B.2 Program pengujian

B.2.1 Dua program Pengujian Antar Laboratorium (PAL) disiapkan.

PAL yang pertama pada tahun 2001 sebagai berikut :

Tiga buah kompon yang berbeda NR, SBR, dan EPDM digunakan untuk pengujian kuat tarik. Hasil uji dari metode pengujian ini adalah rata-rata atau nilai tengah dari lima pengukuran yang terpisah dari tiap sifat seperti yang terlihat dibawah ini. Peserta yang berpartisipasi pada program ini terdiri dari 8 negara yang melibatkan 23 laboratorium.

PAL yang kedua pada tahun 2002 sebagai berikut :

Satu kompon NR digunakan untuk pengujian kuat tarik. Formulasi kompon yang digunakan sama dengan formulasi kompon NR untuk PAL yang pertama.

Peserta yang berpartisipasi pada program ini terdiri dari 6 negara yang melibatkan 17 laboratorium.

Seluruh potongan uji dikirimkan ke setiap laboratorium untuk mengevaluasi kedua program PAL dengan akurasi tipe 1.

B.2.2 Sifat pengujian adalah untuk mengukur kuat tarik pada saat putus (TS_b), perpanjangan putus (E_b), tegangan pada perpanjangan 100% (S_{100}) dan tegangan pada perpanjangan 200% (S_{200}).

B.2.3 Tiga tipe dari potongan uji berbentuk *dumb-bell* yaitu tipe 1, tipe 2 dan tipe 1A telah diuji.

Tipe 1 diuji dengan dua panjang yang berbeda, yaitu 20 mm dan 25 mm, keduanya ditandai pada PAL yang pertama, tapi untuk tipe 2 hanya potongan uji dengan panjang 25 mm yang digunakan untuk pengujian.

Annex B
(informative)

Precision

B.1 General

The repeatability and reproducibility of the method were calculated on the basis of ISO/TR 9272:2005.

Original data were treated for outliers at the 5 % and 2 % significance level on the basis of the procedures described in ISO/TR 9272:2005.

B.2 Details of test programmes

B.2.1 Two inter-laboratory test programmes (ITPs) were organized.

The first ITP in 2001 was as follows:

Three different compounds of NR, SBR and EPDM were used for tensile tests. A test result for this test method was the average or mean of five separate measurements of each of the properties as indicated below.

A total of 23 laboratories in eight countries participated in the programme.

The second ITP in 2002 was as follows:

One NR compound was used for tensile testing. The compound formulation was the same as the NR compound used in the first ITP.

A total of 17 laboratories in six countries participated in the programme.

The fully prepared rubber test pieces were sent to each laboratory for evaluation in both ITPs with type 1 precision.

B.2.2 The test properties to be measured were tensile strength at break (TS_b), elongation at break (E_b), stress at 100 % elongation (S₁₀₀) and stress at 200 % elongation (S₂₀₀).

B.2.3 Three types of dumb-bell, type 1, type 2 and type 1A, were tested.

The type 1 was tested with two test lengths of 20 mm and 25 mm marked on them in the first ITP, but for the second ITP only test pieces with a test length of 25 mm were tested.

B.3 Hasil presisi

Hasil perhitungan akurasi dapat dilihat pada tabel B.1, B.2, B.3 dan B.4. Tabel B.1, B.2 dan B.3 memperlihatkan hasil dari PAL yang pertama untuk kompon NR, SBR dan EPDM. Tabel B.4 memperlihatkan hasil dari PAL yang kedua untuk NR.

Simbol yang digunakan untuk tabel-tabel diterangkan sebagai berikut :

r = repeatabilitas, dalam unit pengukuran

(r) = repeatabilitas, dalam persen (relatif)

R = reproduksibilitas, dalam unit pengukuran

(R) = reproduksibilitas, dalam persen (relatif)

Tabel B.1 - Presisi untuk kompon NR (PAL pertama)

Sifat	Tipe dumb-bell/ panjang patokan uji	Nilai rata-rata $N = 23 \times 2 = 46$	Repeatabilitas dalam laboratorium		Reproduksibilitas antar laboratorium	
			r	(r)	R	(R)
TS_b	Tipe 1/20 mm	34,25	1,10	3,20	3,35	9,79
	Tipe 1/25mm	34,17	1,53	4,47	2,49	7,29
	Tipe 2/20 mm	31,93	1,25	3,93	2,85	8,94
	Tipe 1A/20mm	34,88	0,67	1,91	2,63	7,54
E_b	Tipe 1/20 mm	671	42,1	6,28	57,2	8,52
	Tipe 1/25mm	670	66,3	9,89	63,1	9,41
	Tipe 2/20 mm	651	29,9	4,60	60,5	9,29
	Tipe 1A/20mm	687	29,9	4,35	57,8	8,41
S_{100}	Tipe 1/20 mm	1,83	0,18	10,00	0,36	19,50
	Tipe 1/25mm	1,86	0,12	6,73	0,32	17,24
	Tipe 2/20 mm	1,84	0,15	8,33	0,40	21,95
	Tipe 1A/20mm	1,89	0,07	3,90	0,28	14,81
S_{200}	Tipe 1/20 mm	4,49	0,45	10,08	0,85	18,97
	Tipe 1/25mm	4,42	0,52	11,82	0,77	17,36
	Tipe 2/20 mm	4,39	0,39	8,79	0,87	19,85
	Tipe 1A/20mm	4,58	0,38	8,25	0,70	15,26

B.3 Precision results

The results calculated for the precision are given in Tables B.1, B.2, B.3 and B.4. Tables B.1, B.2 and B.3 show the results of the first ITP for the NR, SBR and EPDM compounds, respectively. Table B.4 shows the results of the second ITP for NR.

The symbols used in these tables are defined as follows:

- R = repeatability, in measurement units;
- (r) = repeatability, in percent (relative);
- R = reproducibility, in measurement units;
- (R) = reproducibility, in percent (relative).

Table B.1 - Precision for NR compound (first ITP)

Property	Dumb-bell type/ test length	Mean value N = 23x2=46	Within-laboratory repeatability		Inter-laboratory reproducibility	
			r	(r)	R	(R)
TS _b	Type 1/20 mm	34,25	1,10	3,20	3,35	9,79
	Type 1/25mm	34,17	1,53	4,47	2,49	7,29
	Type 2/20 mm	31,93	1,25	3,93	2,85	8,94
	Type 1A/20mm	34,88	0,67	1,91	2,63	7,54
E _b	Type 1/20 mm	671	42,1	6,28	57,2	8,52
	Type 1/25mm	670	66,3	9,89	63,1	9,41
	Type 2/20 mm	651	29,9	4,60	60,5	9,29
	Type 1A/20mm	687	29,9	4,35	57,8	8,41
S ₁₀₀	Type 1/20 mm	1,83	0,18	10,00	0,36	19,50
	Type 1/25mm	1,86	0,12	6,73	0,32	17,24
	Type 2/20 mm	1,84	0,15	8,33	0,40	21,95
	Type 1A/20mm	1,89	0,07	3,90	0,28	14,81
S ₂₀₀	Type 1/20 mm	4,49	0,45	10,08	0,85	18,97
	Type 1/25mm	4,42	0,52	11,82	0,77	17,36
	Type 2/20 mm	4,39	0,39	8,79	0,87	19,85
	Type 1A/20mm	4,58	0,38	8,25	0,70	15,26

Tabel B.2 - Presisi untuk kompon SBR (PAL pertama)

Sifat	Tipe dumb-bell/ panjang patokan ujidumb-bell	Nilai rata-rata N = 23x2=46	Repeatabilitas dalam laboratorium		Reproduksibilitas antar laboratorium	
			r	(r)	R	(R)
TS _b	Tipe 1/20 mm	24,87	1,48	5,94	2,12	8,53
	Tipe 1/25mm	24,60	1,17	4,74	2,58	10,47
	Tipe 2/20 mm	24,38	1,52	6,22	2,84	11,65
	Tipe 1A/20mm	24,70	1,01	4,11	2,38	9,65
E _b	Tipe 1/20 mm	457	29,3	6,40	39,0	8,53
	Tipe 1/25mm	458	31,4	6,85	31,6	6,90
	Tipe 2/20 mm	462	32,9	7,12	48,2	10,43
	Tipe 1A/20mm	459	13,9	3,04	41,1	8,96
S ₁₀₀	Tipe 1/20 mm	2,64	0,20	7,46	0,51	19,47
	Tipe 1/25mm	2,61	0,20	7,52	0,41	15,75
	Tipe 2/20 mm	2,66	0,24	9,11	0,57	21,30
	Tipe 1A/20mm	2,65	0,10	3,87	0,43	16,15
S ₂₀₀	Tipe 1/20 mm	7,76	0,59	7,62	1,28	16,52
	Tipe 1/25mm	7,74	0,47	6,08	0,94	12,15
	Tipe 2/20 mm	7,68	0,56	7,31	1,48	19,25
	Tipe 1A/20mm	7,81	0,45	5,74	1,00	12,79

Tabel B.3 - Presisi untuk kompon EPDM (PAL pertama)

Sifat	Tipe dumb-bell/ panjang patokan ujidumb-bell	Nilai rata-rata N = 23x2=46	Repeatabilitas dalam laboratorium		Reproduksibilitas antar laboratorium	
			r	(r)	R	(R)
TS _b	Tipe 1/20 mm	14,51	1,13	7,78	2,01	13,83
	Tipe 1/25mm	14,59	1,57	10,76	2,22	15,20
	Tipe 2/20 mm	14,50	1,20	8,26	2,14	14,74
	Tipe 1A/20mm	14,77	0,65	4,39	1,87	12,65
E _b	Tipe 1/20 mm	470	22,2	4,71	32,4	6,90
	Tipe 1/25mm	474	33,8	7,13	44,5	9,38
	Tipe 2/20 mm	475	21,9	4,60	42,4	8,93
	Tipe 1A/20mm	471	20,2	4,28	39,2	8,34
S ₁₀₀	Tipe 1/20 mm	2,33	0,21	8,99	0,36	15,32
	Tipe 1/25mm	2,30	0,18	7,61	0,32	13,94
	Tipe 2/20 mm	2,39	0,17	7,21	0,32	13,52
	Tipe 1A/20mm	2,40	0,09	3,87	0,29	12,04
S ₂₀₀	Tipe 1/20 mm	5,11	0,35	6,87	0,65	12,80
	Tipe 1/25mm	5,05	0,25	4,88	0,62	12,35
	Tipe 2/20 mm	5,08	0,27	5,24	0,71	14,04
	Tipe 1A/20mm	5,20	0,22	4,22	0,46	8,84

Table B.2 - Precision for SBR compound (first ITP)

Property	Dumb-bell type/ test length	Mean value N = 23x2=46	Within-laboratory repeatability		Inter-laboratory reproducibility	
			r	(r)	R	(R)
TS _b	Type 1/20 mm	24,87	1,48	5,94	2,12	8,53
	Type 1/25mm	24,60	1,17	4,74	2,58	10,47
	Type 2/20 mm	24,38	1,52	6,22	2,84	11,65
	Type 1A/20mm	24,70	1,01	4,11	2,38	9,65
E _b	Type 1/20 mm	457	29,3	6,40	39,0	8,53
	Type 1/25mm	458	31,4	6,85	31,6	6,90
	Type 2/20 mm	462	32,9	7,12	48,2	10,43
	Type 1A/20mm	459	13,9	3,04	41,1	8,96
S ₁₀₀	Type 1/20 mm	2,64	0,20	7,46	0,51	19,47
	Type 1/25mm	2,61	0,20	7,52	0,41	15,75
	Type 2/20 mm	2,66	0,24	9,11	0,57	21,30
	Type 1A/20mm	2,65	0,10	3,87	0,43	16,15
S ₂₀₀	Type 1/20 mm	7,76	0,59	7,62	1,28	16,52
	Type 1/25mm	7,74	0,47	6,08	0,94	12,15
	Type 2/20 mm	7,68	0,56	7,31	1,48	19,25
	Type 1A/20mm	7,81	0,45	5,74	1,00	12,79

Table B.3 - Precision for EPDM compound (first ITP)

Property	Dumb-bell type/ test length	Mean value N = 23x2=46	Within-laboratory repeatability		Inter-laboratory reproducibility	
			r	(r)	R	(R)
TS _b	Type 1/20 mm	14,51	1,13	7,78	2,01	13,83
	Type 1/25mm	14,59	1,57	10,76	2,22	15,20
	Type 2/20 mm	14,50	1,20	8,26	2,14	14,74
	Type 1A/20mm	14,77	0,65	4,39	1,87	12,65
E _b	Type 1/20 mm	470	22,2	4,71	32,4	6,90
	Type 1/25mm	474	33,8	7,13	44,5	9,38
	Type 2/20 mm	475	21,9	4,60	42,4	8,93
	Type 1A/20mm	471	20,2	4,28	39,2	8,34
S ₁₀₀	Type 1/20 mm	2,33	0,21	8,99	0,36	15,32
	Type 1/25mm	2,30	0,18	7,61	0,32	13,94
	Type 2/20 mm	2,39	0,17	7,21	0,32	13,52
	Type 1A/20mm	2,40	0,09	3,87	0,29	12,04
S ₂₀₀	Type 1/20 mm	5,11	0,35	6,87	0,65	12,80
	Type 1/25mm	5,05	0,25	4,88	0,62	12,35
	Type 2/20 mm	5,08	0,27	5,24	0,71	14,04
	Type 1A/20mm	5,20	0,22	4,22	0,46	8,84

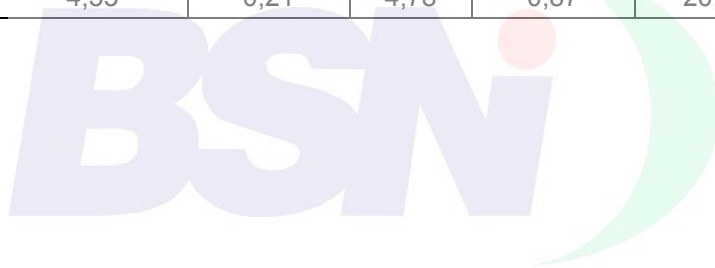
Tabel B.4 - Presisi untuk kompon NR (PAL kedua)

Sifat	Tipe dumb-bell/ panjang patokan uji	Nilai rata-rata N = 17x2=34	Repeatabilitas dalam laboratorium		Reproduksibilitas antar laboratorium	
			r	(r)	R	(R)
TS _b	Tipe 1/25 mm	32,26	1,86	5,76	2,21	6,84
	Tipe 2/20mm	34,75	1,53	4,41	4,04	11,63
	Tipe 1A/20 mm	33,13	1,19	3,60	2,71	8,17
E _b	Tipe 1/25 mm	640	27,26	4,26	54,44	8,50
	Tipe 2/20mm	683	30,80	4,51	94,49	13,83
	Tipe 1A/20 mm	665	22,94	3,45	83,52	12,56
S ₁₀₀	Tipe 1/25 mm	1,74	0,13	7,29	0,32	18,17
	Tipe 2/20mm	1,83	0,20	11,08	0,30	16,18
	Tipe 1A/20 mm	1,78	0,13	7,06	0,22	12,19
S ₂₀₀	Tipe 1/25 mm	4,27	0,32	7,42	1,10	25,81
	Tipe 2/20mm	4,31	0,44	10,31	1,03	23,91
	Tipe 1A/20 mm	4,35	0,21	4,78	0,87	20,11



Table B.4 - Precision for NR compound (second ITP)

Property	Dumb-bell type/ test length dumb- bell	Mean value N = 17x2=34	Within-laboratory repeatability		Inter-laboratory reproducibility	
			r	(r)	R	(R)
TS _b	Type 1/20 mm	32,26	1,86	5,76	2,21	6,84
	Type 1/25mm	34,75	1,53	4,41	4,04	11,63
	Type 2/20 mm	33,13	1,19	3,60	2,71	8,17
E _b	Type 1A/20mm	640	27,26	4,26	54,44	8,50
	Type 1/20 mm	683	30,80	4,51	94,49	13,83
	Type 1/25mm	665	22,94	3,45	83,52	12,56
S ₁₀₀	Type 2/20 mm	1,74	0,13	7,29	0,32	18,17
	Type 1A/20mm	1,83	0,20	11,08	0,30	16,18
	Type 1/20 mm	1,78	0,13	7,06	0,22	12,19
S ₂₀₀	Type 1/25mm	4,27	0,32	7,42	1,10	25,81
	Type 2/20 mm	4,31	0,44	10,31	1,03	23,91
	Type 1A/20mm	4,35	0,21	4,78	0,87	20,11



LAMPIRAN C

(informatif)

Analisis data PAL dan contoh uji bentuk dumb-bell

C.1 Umum

Lampiran ini menerangkan mengenai hasil dari pengaruh perbedaan ukuran contoh uji berbentuk dumb-bell, termasuk tipe 1A yang telah diukur melalui program PAL. Potongan uji berbentuk dumb-bell tipe 1A adalah potongan uji tambahan terbaru pada standar ini, tapi potongan uji ini telah digunakan di Jepang dan beberapa negara lain.

Pengujian antar laboratorium memperlihatkan bahwa potongan uji dumb-bell tipe 1A memiliki kelebihan dibanding tipe 1 dan 2, karena nilai repeatabilitasnya lebih baik dan khususnya memiliki pengaruh yang rendah terhadap kerusakan selama pengujian. Analisis dengan menggunakan *finite-element* menunjukkan bahwa distribusi regangan untuk tipe 1A lebih merata, yang memungkinkan hasil ini dapat meningkatkan dayaguna.

Hasil nilai sifat kuat tarik tipe 1A sama dengan yang dihasilkan oleh tipe 1, tapi hasil ini tidak bisa diharapkan menjadi identik untuk seluruh pengujian.

Potongan uji dumb-bell tipe 1A memiliki dimensi keseluruhan yang sama dengan tipe 1 dan dapat dijadikan sebagai alternatif lain. Tipe 1A tidak bisa menggantikan tipe 1 karena diperlukan data yang banyak dan sulit merubah kebiasaan dengan menggunakan contoh uji dumb-bell yang lama.

C.2 Percobaan bersarang tiga faktor

Dalam perbandingan perhitungan presisi sesuai dengan ISO/TR 9272:2005, R merupakan indikator dari varian antar laboratorium (σ_L^2), dan r merupakan indikator dari total varian ($\sigma_D^2 + \sigma_M^2$) untuk laboratorium tertentu, varian antara hari (σ_D^2) dan varian yang menghasilkan penyimpangan (σ_M^2). Untuk menganalisis σ_D^2 dan σ_M^2 secara terpisah, cukup dengan membuat estimasi dari tiap komponen varian dengan menggunakan tiga faktor kumpulan percobaan seperti yang dijelaskan pada ISO 5725-3.

Estimasi dibuat untuk tiap komponen dari total varian yang diukur pada PAL kedua. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel C.1 dan C.2.

Tabel C.1 – Estimasi tiap komponen dari varian dengan menggunakan “Percobaan bersarang tiga faktor” untuk kuat tarik pada PAL kedua

	Tipe 1	Tipe 2	Tipe 1A
σ_L^2	$(0,60)^2$	$(1,80)^2$	$(0,80)^2$
σ_D^2	$(0,67)^2$	$(0,54)^2$	$(0,17)^2$
σ_M^2	$(1,60)^2$	$(1,08)^2$	$(1,04)^2$

Annex C (informative)

Analysis of ITP data and dumb-bell shape

C.1 General

This annex considers the performance of the different dumb-bell shapes, including the type 1A, that was measured through the ITP programmes. The type 1A dumb-bell is a new addition to this National Standard, but it has been in use in Japan and other countries for many years.

Interlaboratory tests showed that the type 1A dumb-bell has advantages over types 1 and 2 of better repeatability and, particularly, lower incidence of breaks outside the test length. Finite-element analysis demonstrated that the strain distribution in the type 1A is more uniform, which probably accounts for its improved performance.

The values of tensile properties determined with the type 1A dumb-bell are very similar to those obtained with the type 1, but they cannot be expected to be identical in all cases.

The type 1A dumb-bell has similar overall dimensions to the type 1 and can be considered as an alternative. It has not replaced the type 1 because of the huge bank of data obtained and the long tradition with the latter dumb-bell.

C.2 Three variances for three-factor fully-nested experiments

In the comparison of the precision calculated in accordance with ISO/TR 9272:2005, R is an indicator of the variance between laboratories (σ_L^2), and the r is an indicator of the total variance ($\sigma_D^2 + \sigma_M^2$) for a particular laboratory, made up of the variance between the days (σ_D^2) and the variance due to measurement errors (σ_M^2). In order to analyse σ_D^2 and σ_M^2 separately, it is enough to make an estimate of each component of the variance by the so-called three-factor fully-nested experiments described in ISO 5725-3.

The estimate was made for each component of the total variance in the measurements in the second ITP. The results are shown in Tables C.1 and C.2.

Table C.1 — Estimate of each component of the variance by means of “three-factor fully-nested experiments” for tensile strength in the second ITP

	Type 1	Type 2	Type 1 ^a
σ_L^2	(0,60) ²	(1,80) ²	(0,80) ²
σ_D^2	(0,67) ²	(0,54) ²	(0,17) ²
σ_M^2	(1,60) ²	(1,08) ²	(1,04) ²

Tabel C.2 - Estimasi tiap komponen dari varian dengan menggunakan “Percobaan bersarang tiga faktor” untuk regangan pada PAL kedua

	Tipe 1	Tipe 2	Tipe 1A
σ_L^2	$(20,4)^2$	$(43,7)^2$	$(24,3)^2$
σ_D^2	$(13,6)^2$	$(21,9)^2$	$(28,6)^2$
σ_M^2	$(28,1)^2$	$(19,3)^2$	$(19,3)^2$

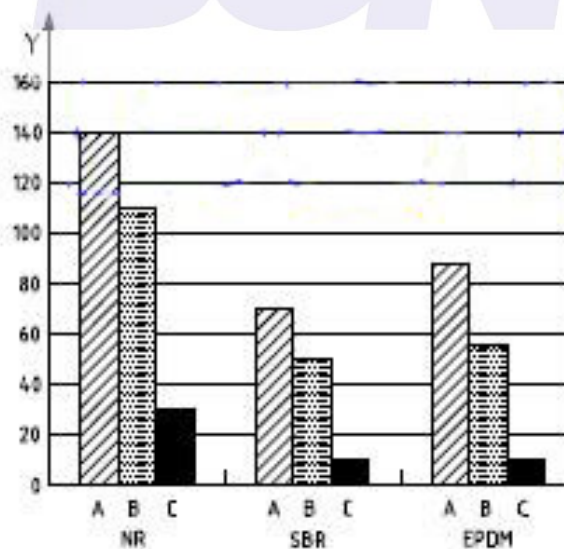
Dari tiga varian tersebut, varian yang disebabkan kesalahan pengukuran (σ_M^2) adalah varian yang terpenting untuk dumb-bell. Varian yang lain (σ_L^2 dan σ_D^2) dipengaruhi oleh banyak faktor selain dumb-bell.

Dari tabel-tabel tersebut terlihat bahwa dumb-bell tipe 1A, memiliki σ_M^2 terkecil, yang berarti pengukuran presisi untuk tipe ini paling baik.

C.3 Analisis potongan uji yang rusak

C.3.1 Jumlah potongan uji yang rusak diluar patokan potongan uji

Gambar C.1 memperlihatkan jumlah potongan uji yang rusak diluar patokan potongan uji selama pengujian. Untuk tiap tipe dumb-bell, 230 potongan uji telah diuji di 23 laboratorium, masing-masing laboratorium menguji lima buah potongan uji selama dua hari pengujian.



Keterangan

- Y Jumlah potongan uji yang rusak diluar patokan potongan uji
 A Potongan uji dumb-bell tipe 1
 B Potongan uji dumb-bell tipe 2
 C Potongan uji dumb-bell tipe 1A

Gambar C.1 - Jumlah potongan uji yang rusak diluar patokan potongan uji
 (PAL pertama – total 230 untuk tiap tipe potongan uji)

Table C.2 - Estimate of each component of the variance by means of “three-factor fully-nested experiments” for elongation in the second ITP

	Type 1	Type 2	Type 1 ^a
σ_L^2	$(20,4)^2$	$(43,7)^2$	$(24,3)^2$
σ_D^2	$(13,6)^2$	$(21,9)^2$	$(28,6)^2$
σ_M^2	$(28,1)^2$	$(19,3)^2$	$(19,3)^2$

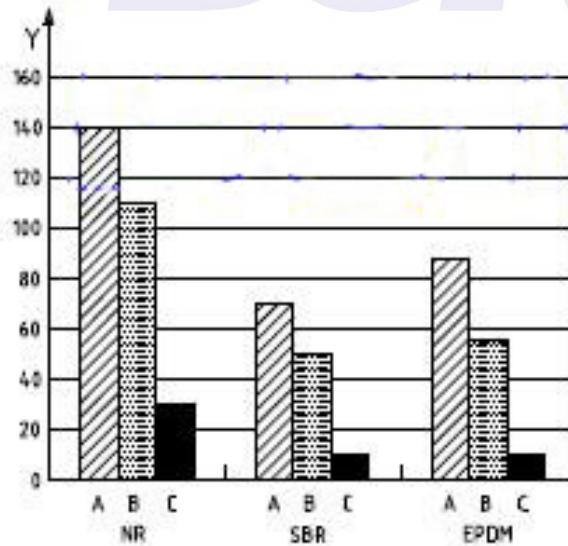
Of the three variances, the variance due to measurement errors (σ_M^2) is the most important for the dumb-bell shape. Other variances (σ_L^2 and σ_D^2) are influenced by many factors other than the dumb-bell shape.

It is shown that σ_M^2 is smallest for the type 1A dumb-bell, which means that the measurement precision is best with this type.

C.3 Analysis of test pieces that broke

C.3.1 Numbers of test pieces that broke outside the test length

Figure C.1 shows the numbers of test pieces that broke outside the test length (outside the reference marks). For each dumb-bell type, 230 test pieces were tested, as 23 laboratories each tested five test pieces on two test days.



Key

- Y number of test pieces that broke outside test length
- A type 1 dumb-bell
- B type 2 dumb-bell
- C type 1A dumb-bell

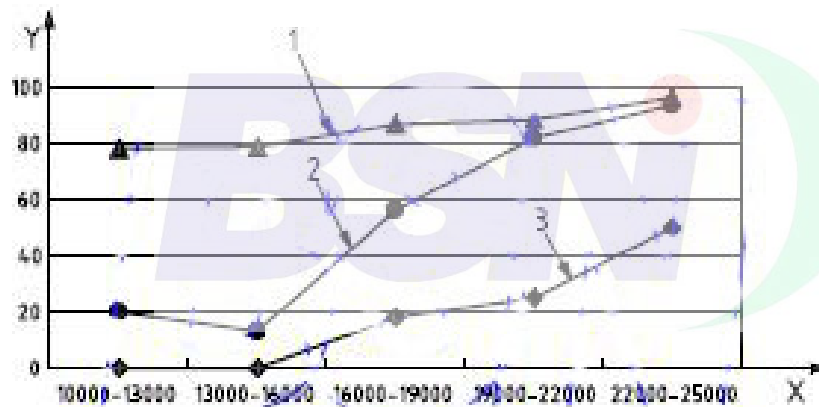
Figure C.1 - Numbers of test pieces that broke outside the test length
(first ITP — total of 230 of each type of test piece)

Untuk pengujian dengan menggunakan potongan uji dumb-bell tipe 1 yang terbuat dari kompon NR dengan panjang 20 mm, 159 potongan uji rusak diluar patokan potongan uji, kurang lebih 70%. Untuk tipe 1 dengan panjang 25 mm, kurang lebih 60% potongan uji. Untuk tipe 2, 47%. Sedangkan, untuk tipe 1A hanya 13% potongan uji yang rusak diluar patokan potongan uji.

Untuk SBR dan EPDM, kemungkinan kerusakan potongan uji untuk tipe 1A lebih kecil dibanding potongan uji dumb-bell tipe yang lain.

C.3.2 Hubungan antara banyaknya potongan uji yang rusak diluar patokan potongan uji dengan energi tarikan

Hubungan antara presentase potongan uji yang rusak diluar patokan potongan uji dan energi tarikan (kuat tarik dikalikan dengan perpanjangan putus) telah dilakukan. Kompon NR yang berisi karbon hitam dengan volume yang berbeda dibuat dan TS_b serta E_b diukur. Persentase potongan uji yang rusak diluar panjang pengujian dihitung. Gambar C.2 memperlihatkan hasil percobaan ini.



Keterangan:

- X $TS_b \times E_b$ (MPa.%)
 Y Persentase potongan uji yang rusak diluar patokan potongan uji
 1 Potongan uji dumb-bell tipe 1
 2 Potongan uji dumb-bell tipe 2
 3 Potongan uji dumb-bell tipe 1A

Gambar C.2 - Presentase potongan uji yang rusak di luar panjang pengujian vs $TS_b \times E_b$ (energi tarikan)

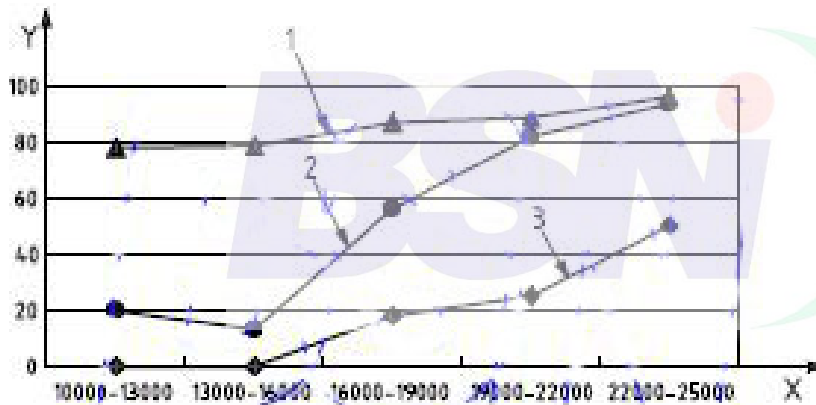
Nilai energi tarikan meningkat, akan meningkatkan presentase potongan uji yang rusak di luar patokan potongan uji. Pada nilai energi tarikan di bawah 20 000 MPa, kebanyakan tipe 1A putus di dalam patokan potongan uji.

In the case of the type 1 dumb-bells made of NR compound with a 20 mm test length, 159 test pieces broke outside the test length, which is about 70 %. In the case of type 1 with a 25 mm test length, it was about 60 % of the test pieces. In the case of type 2, it was 47 %. However, in the case of type 1A, only 13 % of the test pieces broke outside the test length.

With SBR and EPDM, the probability of breaking outside the test length for type 1A is also considerably smaller than for the other dumb-bells.

C.3.2 Relationship between the proportion of test pieces that broke outside the test length vs tensile energy

The relationship between the percentage of test pieces that broke outside the test length and the tensile energy (tensile strength multiplied by elongation at break) was also investigated. NR compounds differing in the volume of carbon black they contained were prepared, and their TS_b and E_b measured. The percentage of test pieces that broke outside the test length was observed. Figure C.2 shows the results of this experiment.



Key:

- X $TS_b \times E_b$ (MPa %)
- Y percentage of test pieces that broke outside test length
- 1 type 1 dumb-bell
- 2 type 2 dumb-bell
- 3 type 1A dumb-bell

Figure C.2 - Percentage of test pieces that broke outside the test length vs $TS_b \times E_b$ (tensile energy)

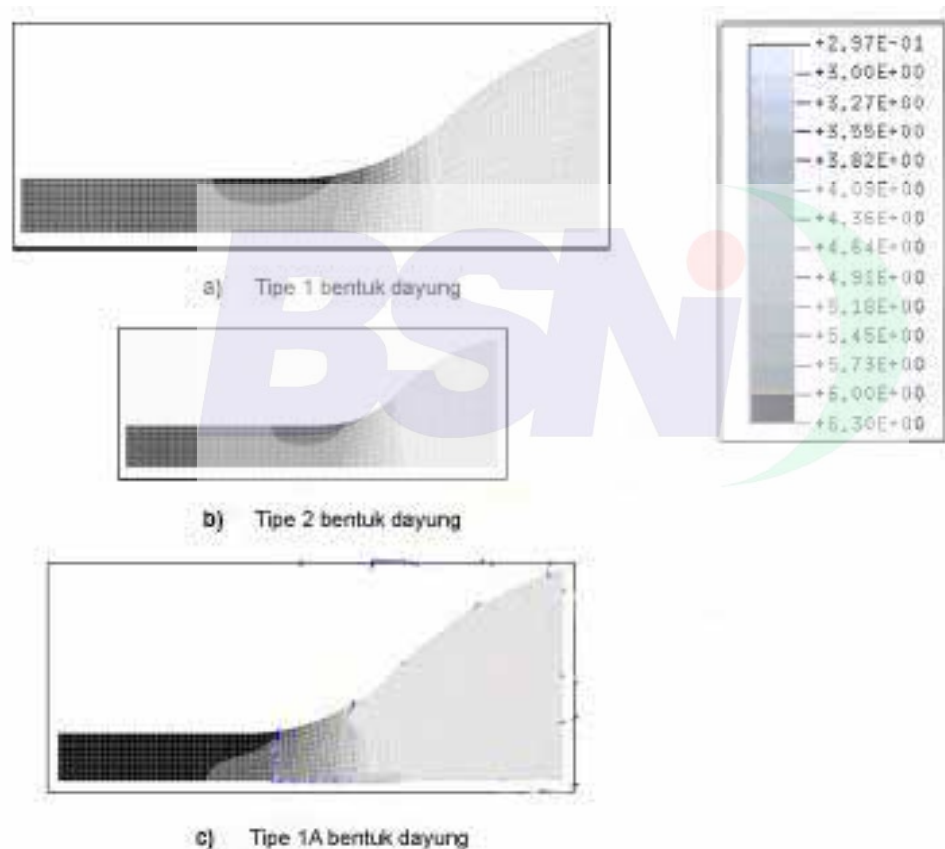
As the value of the tensile energy increased, the percentage of test pieces that broke outside the test length increased. At values of the tensile energy below 20 000 MPa, most of the type 1A test pieces broke inside the test length.

C.4 Analisis *Finite-Element*

Analisis *Finite-Element* (FEA) dilakukan pada bagian potongan uji. Gambar C.3 memperlihatkan distribusi regangan dengan menggunakan software ABAQUS.

Analisis distribusi regangan memperlihatkan bahwa luasan regangan terbesar terdapat mendekati tepi dari tipe 1 dan tipe 2. Hasil observasi sesuai dengan hasil uji tegangan yang dijelaskan pada Pasal C.3.

Dengan kata lain, untuk tipe 1A, regangan yang mendekati tepi memiliki tingkat yang sama dengan regangan yang berada di tengah, artinya tipe 1A memiliki distribusi regangan yang relatif seragam.



Gambar C.3 - Contoh distribusi regangan yang dihasilkan dengan menggunakan "ABAQUS"

C.4 Finite-element analysis

A finite-element analysis (FEA) was conducted on part of the test piece. Figure C.3 shows the distribution of the strain, obtained using “ABAQUS” software.

The analysis of the strain distribution shows that the highest strain area appears near the edge of the pieces for type 1 and type 2. This observation coincides with the results of the tensile testing described in Clause C.3.

On the other hand, for type 1A, the strain near the edge is at the same level as in the central area, which means type 1A has a relatively uniform strain distribution.

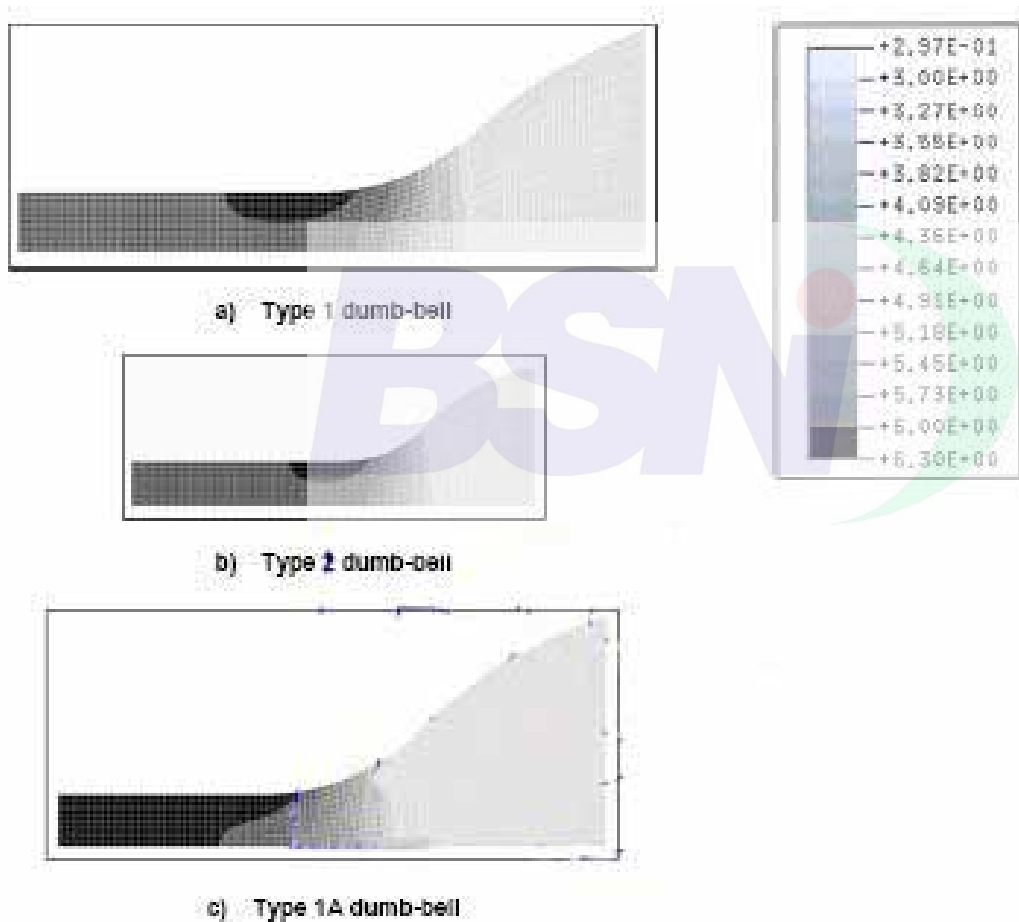


Figure C.3 - Example of strain distribution obtained using “ABAQUS”

Bibliografi

- [1] ISO/TR 9272:2005, *Rubber and rubber products — Determination of precision for test method standards*
- [2] ISO 5725-3, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 3: Intermediate measures of the precision of a standard measurement method*



Bibliography

- [1] ISO/TR 9272:2005, Rubber and rubber products — Determination of precision for test method standards
- [2] ISO 5725-3, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 3: Intermediate measures of the precision of a standard measurement method

