

Evaluasi Ketidakpastian Pengukuran Uji Kekuatan Tarik Kain Cara Pita Tiras (Saeful Islam dan Arif Wibi Sana)

EVALUASI KETIDAKPASTIAN PENGUKURAN UJI KEKUATAN TARIK KAIN CARA PITA TIRAS

MEASUREMENT UNCERTAINTY EVALUATION OF REVELED STRIP TENSILE STRENGTH FABRICS METHOD

Saeful Islam, Arif Wibi Sana

Balai Besar Tekstil, Jalan Jenderal Ahmad Yani No. 390 Bandung
E-mail : saeful.islm@gmail.com

Tanggal diterima: 30 November 2016, direvisi: 14 Maret 2017, disetujui terbit: 22 Maret 2017

ABSTRAK

Sebuah studi tentang evaluasi ketidakpastian pengukuran pada uji kekuatan tarik kain cara pita tiras. Studi dilakukan untuk mendapatkan model dan mengestimasi ketidakpastian pengukuran. Model pengukuran dibuat dengan memperhitungkan metoda dan proses utama pengujian kekuatan tarik kain cara pita tiras. Model pengukuran yang dihasilkan yaitu : besarnya kekuatan tarik kain cara pita tiras berbanding lurus dengan gaya yang dihasilkan oleh alat uji kekuatan tarik (F) dan ketentuan lebar kain pada metoda (L_s), serta berbanding terbalik dengan lebar kain contoh uji (L_k) atau $F_s = F \cdot \frac{L_s}{L_k}$. Formulasi tersebut dijadikan sebagai acuan dalam menentukan komponen-komponen berkontribusi pada ketidakpastian totalnya, yaitu *repeability* hasil uji, alat uji kekuatan tarik kain, lebar contoh uji dan tetal kain.

Kata kunci: pengukuran, ketidakpastian, kekuatan tarik kain, pita tiras.

ABSTRACT

*A study of measurement uncertainty evaluation of reveled strip tensile strength testing fabrics. The study was conducted to obtain the measurement model for estimating the uncertainty of measurement. Measure model were made by considering the method and reveled strip tensile strength testing fabrics main process. The resulting measurement model that is : reveled strip tensile strength testing fabrics proportional to the appointment by the test equipment tensile force (F) and the constant width of specimen constant according test method (L_s), and inversely proportional to the width of the specimen or $F_s = F \cdot \frac{L_s}{L_k}$. The formulation is used as a reference in determining the components contribute to uncertainty in total, ie *repeability* test results, the appointment of a tensile strength test equipment, the width of the specimen, and density of fabric.*

Keywords: measurement, uncertainty, tensile strength fabric, reveled strip.

PENDAHULUAN

SNI ISO/IEC 17025, merupakan suatu persyaratan umum kompetensi laboratorium pengujian dan laboratorium kalibrasi. Komite Akreditasi Nasional (KAN) menjadikan acuan SNI ISO/IEC 17025 ini sebagai acuan dalam melakukan akreditasi laboratorium pengujian. Standar ini memuat pernyataan bahwa laboratorium pengujian harus mempunyai dan menerapkan prosedur untuk mengestimasi ketidakpastian pengukuran.¹

Laboratorium uji yang terakreditasi harus menjaga kredibilitasnya dalam mengeluarkan sertifikat hasil uji. Laboratorium uji harus dapat mengidentifikasi kemampuan dirinya dalam melakukan uji yang menjadi ruang lingkungannya. Ia

harus mampu mengevaluasi apakah toleransi yang dipersyaratkan standar atau konsumen atau persyaratan tertentu mampu dipenuhi oleh laboratorium untuk bidang tekstil ataupun bidang yang lainnya.² Salah satu yang harus dilakukan oleh laboratorium adalah mengevaluasi dan menghitung ketidakpastian pengukuran yang dihasilkan, seperti di bidang tekstil, farmasi,³⁻⁵ dan kelistrikan.^{6,7}

Ketidakpastian adalah parameter hasil pengukuran yang memberikan karakter sebaran nilai-nilai yang secara layak dapat diberikan pada besaran ukur.⁸ Ketidakpastian pengukuran menunjukkan besarnya akurasi yang dihasilkan oleh suatu laboratorium uji.

Kekuatan tarik adalah beban maksimal yang dapat ditahan hingga kain tersebut putus atau pada prinsipnya adalah suatu gaya atau beban yang dibutuhkan untuk menarik contoh uji yang dijepit oleh 2 buah penjepit (*clamp*) pada alat uji tarik dengan jarak tertentu dan kecepatannya konstan hingga contoh uji tersebut putus.⁹ Kekuatan tarik kain merupakan salah uji yang dipersyaratkan untuk dipenuhi seperti persyaratan mutu kain kemeja, georgette poliester, mori, batik tulis mori, kain selimut, kain tenun untuk piyama, kain tenun untuk gaun & blus, seprei, sarung poleng dan pelekat dewasa, celana anak-anak dan lainnya. Kekuatan tarik kain kemeja minimum 107,9 N (11 kg),¹⁰ kain georgette poliester minimum 68,7 N (7 kg),¹¹ dan kain sarung poleng dan pelekat minimum 157,0 N – 245,3 N (16 kg – 25 kg).¹²

Sertifikat hasil uji hanya menampilkan rata-rata hasil uji, standar deviasi (SD), dan koefisien variasi (CV), sehingga gambaran ketelitian dan keakuratan peralatan yang digunakan tidak terlihat. Hasil uji kekuatan tarik kain, pada laporan uji, ketidakpastian pengukuran hasil ujinya juga tidak ditampilkan. Hasil uji yang dilaporkan hanya memuat : cara uji yang digunakan, nilai rata-rata kekuatan tarik dan mulur, nilai SD dan CV, jumlah contoh uji, jenis/tipe alat uji tarik, ukuran penjepit dan contoh uji.⁹

Uji kekuatan tarik kain pada umumnya menggunakan cara pita tirus. Oleh karena itu, studi ini akan membahas pembuatan model estimasi ketidakpastian pengukuran dalam uji kekuatan tarik cara pita tirus.

METODA

Pembuatan model estimasi ketidakpastian pengukuran uji kekuatan tarik menggunakan *KAN Guide on The Evaluation and Expression of Uncertainty in Measurement*, melalui beberapa tahapan seperti : pembuatan model pengukuran, identifikasi sumber ketidakpastian pengukur, klasifikasi komponen ketidakpastian pengukuran dan perhitungan ketidakpastian pengukuran. Diagram alir pembuatan model dapat dilihat pada Gambar 1.¹³

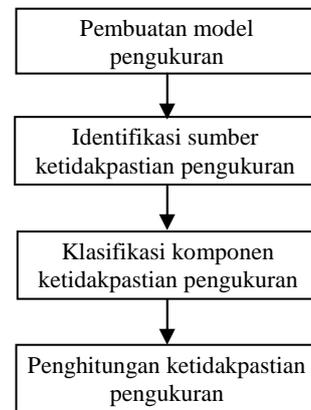
Model pengukuran adalah suatu fungsi yang menghubungkan besaran yang diukur dengan besaran masukan. Model diperlukan untuk mengetahui karakteristik dan mengevaluasi kain.¹⁴

¹⁶ Dalam sebagian besar proses pengukuran, besaran ukur Y ditentukan dari N besaran lain yaitu X_1, X_2, \dots, X_N melalui hubungan fungsional sebagai berikut:¹⁷

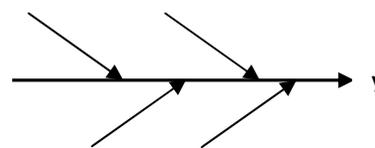
$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N) \quad (1)$$

Model pengukuran merupakan pernyataan yang jelas tentang besaran yang diukur, dan berupa pernyataan kuantitatif yang menunjukkan hubungan

antara nilai besaran ukur dan variabel bebas dimana besaran ukur tersebut bergantung.¹⁶ Identifikasi sumber-sumber dapat dilakukan dengan menggunakan diagram sebab akibat model tulang ikan (*fish bone*), seperti pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram alir estimasi ketidakpastian pengukuran uji kekuatan tarik kain



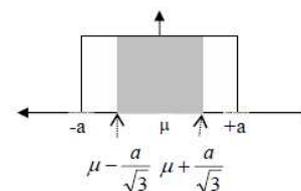
Gambar 2. Diagram tulang ikan

Komponen ketidakpastian pengukuran dapat diklasifikasikan,¹⁶ yaitu :

- Tipe A : yang dievaluasi dengan analisis dari serangkaian pengamatan.
- Tipe B : yang dievaluasi dengan cara selain analisis statistik dari serangkaian pengamatan.

Ketidakpastian pengukuran dengan batas tertentu $\pm a$, mempunyai distribusi yang dapat diestimasi dari informasi yang tersedia, dapat berbentuk berbagai distribusi diantaranya sebagai berikut:

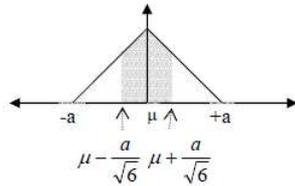
- Distribusi *rectangular*
 Digunakan bila batas dapat ditentukan namun nilai besaran ukur tampak berada di semua tempat dalam ruang tersebut. Ketidakpastian baku diperoleh dengan membagi semi-range ‘a’ dengan $\sqrt{3}$, yaitu $u = \pm \frac{a}{\sqrt{3}}$, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Distribusi *rectangular*¹⁶

- Distribusi triangular

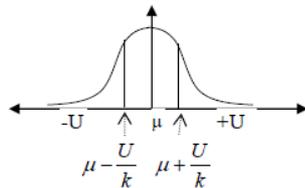
Digunakan bila terdapat bukti bahwa nilai yang paling mungkin adalah nilai yang dekat dengan nilai rata-rata. Ketidakpastian baku diperoleh dengan membagi semi-range 'a' dengan $\sqrt{6}$, yaitu $u = \pm \frac{a}{\sqrt{6}}$, seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Distribusi *triangular* ¹⁶

- Distribusi Normal

Digunakan bila diasumsikan untuk ketidakpastian pengukuran yang menyatakan tingkat kepercayaan tertentu. Ketidakpastian baku diperoleh dengan membagi ketidakpastian tersebut dengan faktor cakupan yang tepat berdasarkan tabel distribusi-t, yaitu $u = \pm \frac{U}{k}$; dimana U adalah ketidakpastian bentangan dengan tingkat kepercayaan tertentu dan k adalah faktor cakupan.



Gambar 5. Distribusi normal ¹⁶

Ketidakpastian pengukuran setiap besaran input, dihitung dan digabungkan menjadi ketidakpastian baku gabungan.

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^N (u_i \cdot c_i)^2} \quad (2)$$

Ketidakpastian bentangan merupakan ukuran ketidakpastian yang mendefinisikan interval hasil pengukuran di mana nilai ukur tersebut diyakini berada.¹⁷ Ketidakpastian bentangan diperoleh dengan mengalikan ketidakpastian baku gabungan (u_c) dengan faktor cakupan (k).

$$U = k \cdot u_c \quad (3)$$

Dalam menggabungkan ketidakpastian, koefisien sensitifitas (c) diperhitungkan untuk menyamakan satuan dan memberikan bobot pada setiap komponen ketidakpastian. Koefisien sensitifitas dihitung berdasarkan turunan parsial dari fungsi yang mewakili model matematis pengukurannya,¹⁶ yaitu :

$$c = \frac{\partial f}{\partial x} \quad (4)$$

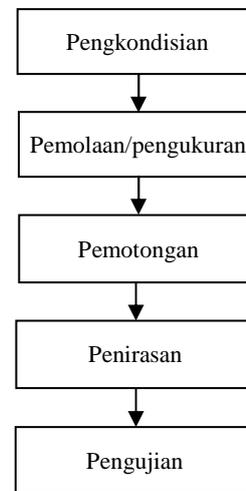
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusunan Model Pengukuran

a. Pembuatan model pengukuran

Proses utama uji kekuatan tarik kain cara pita tiras adalah pengkondisian, pemolaan/pengukuran, pemotongan, penirasan dan proses pengujian. Diagram alir proses uji kekuatan tarik dapat dilihat pada Gambar 6. Model matematis pengukuran ketidakpastian pengukuran uji kekuatan tarik kain cara pita tiras dapat dibuat dengan mengacu pada SNI 0276-2009 Cara uji kekuatan tarik dan mulur kain tenun.⁹

Contoh uji dikondisikan dalam ruang kondisi sesuai dengan ketentuan SNI 0261.¹⁷ Untuk ukuran (25 x 150) mm, contoh uji digunting sejajar arah benang dengan panjang > 150 mm dan lebar 35 mm atau 25 mm + 20 helai, kemudian ditiras menjadi tepat 25 mm. Sedangkan untuk ukuran (50 x 150) mm, contoh uji digunting sejajar arah benang dengan panjang > 150 mm dan lebar 65 mm atau 50 mm + 20 helai, kemudian ditiras menjadi tepat 50 mm.⁹ Kemudian contoh uji ditarik hingga putus dengan alat uji kekuatan tarik kain.



Gambar 6. Diagram alir ujian kekuatan tarik kain cara pita tiras

Kekuatan tarik adalah beban maksimal yang dapat ditahan oleh suatu contoh uji kain hingga kain tersebut putus.⁹ Pada umumnya laboratorium uji, dalam melakukan uji kekuatan tarik kain hanya memperhitungkan gaya yang dihasilkan oleh alat uji tarik, tanpa memperhitungkan lebar kain aktual yang diuji. Walaupun kontribuasinya kecil terhadap kekuatan tarik kain, tetapi dalam perhitungan ketidakpastian memberikan kontribusi yang cukup besar.

Ketentuan lebar kain yang digunakan adalah tepat 25 mm atau 50 mm,⁹ pada kenyataannya lebar

kain belum tentu tepat 25 mm atau 50 mm. Apabila lebar kain kurang dari ketentuan, maka gaya yang dihasilkan oleh alat uji kekuatan tarik (F) akan lebih kecil dari seharusnya. Begitu juga sebaliknya apabila lebar kain lebih dari ketentuan maka gaya yang dihasilkan oleh alat uji kekuatan tarik (F) akan lebih besar dari yang seharusnya. Oleh karena itu gaya yang dihasilkan oleh alat uji kekuatan tarik memerlukan koreksi lebar kain, sehingga persamaannya menjadi sebagai berikut :

$$F_s = F \cdot \frac{L_s}{L_k} \quad (6)$$

Dengan:

F_s = Kekuatan tarik kain

F = Gaya yang dihasilkan oleh alat uji tarik

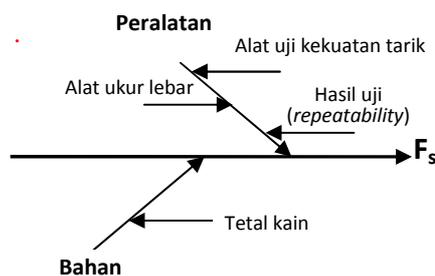
L_s = ketentuan lebar kain pada metoda

L_k = lebar kain contoh uji

b. Identifikasi sumber ketidakpastian pengukuran

Sumber ketidakpastian pengukuran meliputi : faktor manusia, kondisi akomodasi dan lingkungan, metode pengujian, peralatan, ketertelusuran pengukuran, pengambilan contoh dan penanganan barang yang diuji. Setiap pengujian mempunyai faktor yang masing-masing mempunyai kontribusi yang berbeda terhadap ketidakpastian total¹.

Faktor yang diperhitungkan dalam penghitungan ketidakpastian pengukuran uji kekuatan tarik adalah faktor bahan dan peralatan yang digunakan, yang dapat dilihat pada Gambar 7, sedangkan ketentuan lebar kain pada metoda uji kekuatan tarik kain cara pita tirus ini tidak termasuk faktor yang diperhitungkan, karena SNI 0276-2009 tidak menyatakan toleransi lebar kain contoh uji.



Gambar 7. Sumber ketidakpastian uji kekuatan tarik kain cara pita tirus dan pita potong.

c. Klasifikasi komponen ketidakpastian pengukuran

Uji kekuatan tarik kain oleh alat uji tarik, dilakukan sebanyak lima pengulangan. Hasil uji ini, kemudian dievaluasi menghasilkan *repeatability*. Karena evaluasinya berasal dari serangkaian pengamatan, maka *repeatability* termasuk klasifikasi Tipe A. Sedangkan ketidakpastian alat

uji kekuatan tarik, pola contoh uji, dan tetal kain termasuk kategori tipe B, karena diperoleh dari data yang ada.

d. Perhitungan ketidakpastian pengukuran

Hasil pengukuran lengkap hanya jika disertai dengan pernyataan kuantitatif ketidakpastiannya.¹⁸ Perhitungan ketidakpastian pengukuran uji kekuatan tarik kain cara pita tirus adalah :

1. *Repeatability* hasil uji

Ketidakpastian *repeatability* hasil pengujian dihitung berdasarkan simpangan baku rata-rata. Bila dilakukan n kali pengukuran maka¹⁶ :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (7)$$

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (8)$$

$$s(\bar{x}) = \frac{s(x_i)}{\sqrt{n}} \quad (9)$$

Dengan:

n = jumlah pengukuran

\bar{x} = rata-rata hasil pengukuran (N)

$s(x_i)$ = simpangan baku

$s(\bar{x})$ = simpangan baku rata-rata

Ketidakpastian pengukuran dari *repeatability* adalah simpangan baku rata-rata eksperimental, yaitu :

$$u_1 = \pm s(\bar{x}) \quad N \quad (10)$$

Koefisien sensitifitas diperoleh dari turunan pertama fungsi gaya tarik (F_s) pada persamaan (6). Dengan demikian koefisien sensitifitas *repeatability* (c_1), dapat dihitung dengan persamaan (11).

$$c_1 = \frac{\partial F_s}{\partial F}$$

$$c_1 = \frac{L_s}{L_k} \quad (11)$$

2. Ketidakpastian gaya yang dihasilkan oleh alat uji tarik

Gaya yang dihasilkan pada alat uji tarik yang digunakan mempunyai ketidakpastian. Ketidakpastian alat uji ini dapat dilihat dari sertifikat kalibrasi dari alat uji tersebut dan mempunyai distribusi normal. Persamaan ketidakpastiannya adalah sebagai berikut :

$$u_2 = \pm \frac{U_{95\%F}}{k_F} \quad N \quad (12)$$

Dengan

$U_{95\%F}$ = ketidakpastian alat uji tarik, gf atau N

k_F = faktor cakupan

Faktor cakupan adalah faktor numerik yang digunakan sebagai pengali terhadap ketidakpastian baku gabungan untuk memperoleh ketidakpastian bentangan.

Koefisien sensitifitas gaya yang dihasilkan oleh alat uji tarik (c_2), dihitung dengan persamaan (13)

$$c_2 = \frac{\partial F_s}{\partial F}$$

$$c_2 = \frac{L_s}{L_k} \quad (13)$$

3. Ketidakpastian lebar contoh uji

Untuk uji kekuatan tarik cara pita tiras, lebar contoh uji (L_k) diukur menggunakan alat pengukur panjang seperti penggaris. Alat pengukur panjang/pola contoh uji yang digunakan memberikan kontribusi ketidakpastian pengukuran hasil. Ketidakpastian ini dapat dilihat pada sertifikat alat pengukur panjang/pola contoh uji. Ketidakpastian ini mempunyai distribusi normal sehingga persamaan ketidakpastian adalah:

$$u_3 = \pm \frac{U_{95\%d}}{k_d} \quad \text{mm} \quad (14)$$

Dengan

$U_{95\%d}$ = ketidakpastian lebar contoh uji, mm

k_d = faktor cakupan

Satuan ketidakpastian lebar contoh uji adalah satuan panjang (mm), sedangkan satuan gaya adalah N. Sehingga diperlukan koefisien sensitifitas untuk menyamakan satuan dan memberikan bobot. Koefisien sensitifitasnya dapat dihitung berdasarkan turunan pertama dari fungsi gaya tarik (F_s) pada persamaan (6), sehingga dapat dihitung dengan persamaan (15).

$$c_3 = \frac{\partial F_s}{\partial L_k}$$

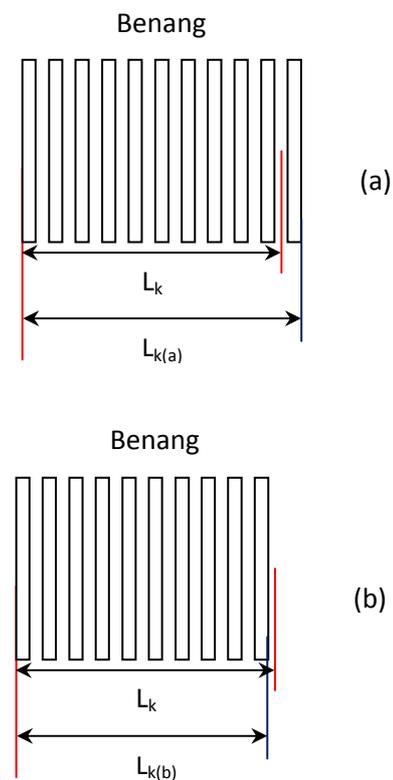
$$c_3 = - F \cdot \frac{L_s}{L_k^2} \quad \text{N/mm} \quad (15)$$

4. Ketidakpastian tetal kain

Pada persiapan, contoh uji ditiras sampai tepat panjang tertentu. Penirasan berhubungan dengan kerapatan kain, sehingga ketidakpastiannya dihitung berdasarkan

kerapatan benang yang ditiras. Sebagai ilustrasi dapat dilihat Gambar 8.

Gambar 8. Memperlihatkan ilustrasi tirasan kain. Pada Gambar 8(a), kain ditiras untuk panjang tertentu (L_k) sampai tepat satu helai benang sebelum batas L_k , sehingga lebar kainnya adalah $L_{k(a)}$. Apabila benang ditiras lagi maka yang terjadi seperti Gambar 8(b), sehingga lebar kain menjadi $L_{k(b)}$. $L_{k(a)}$ lebih panjang dari pada $L_{k(b)}$. Pada saat menirasi dapat terjadi hal tersebut. Hal ini memberikan ketidakpastian pada L_k yang dapat dihitung berdasarkan kerapatan benang pada kain (tetal kain), dengan distribusi *rectangular*.



Gambar 8. Ilustrasi tirasan kain

$$u_4 = \pm \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{T\sqrt{3}} \quad (16)$$

Dengan

T = tetal kain, helai/mm

Koefisien sensitifitasnya, dapat dihitung dengan rumus (17).

$$c_3 = \frac{\partial F_s}{\partial L_k}$$

$$c_3 = - F \cdot \frac{L_s}{L_k^2} \quad \text{N/mm} \quad (17)$$

5. Ketidakpastian baku gabungan

Ketidakpastian baku gabungan dihitung dengan akar kuadrat dari jumlah kuadrat masing-masing komponen ketidakpastian yang telah dikalikan dengan koefisien sensitifitasnya. Secara matematis dapat dihitung dengan persamaan (18).

$$u_c = \sqrt{(u_1 \cdot c_1)^2 + (u_2 \cdot c_2)^2 + (u_3 \cdot c_3)^2 + (u_4 \cdot c_4)^2} \quad (18)$$

6. Ketidakpastian bentangan

Faktor cakupan yang digunakan untuk tekstil adalah 2 dengan tingkat kepercayaan 95%, sehingga ketidakpastian bentangan sesuai dengan persamaan (19)

$$U_{95\%} = 2u_c \quad (19)$$

Perhitungan estimasi ketidakpastian pengukuran untuk uji kekuatan tarik kain cara pita tiras dapat dilihat pada Tabel 1.

Aplikasi Model Pengukuran

a. Aplikasi perhitungan estimasi ketidakpastian pengukuran

Hasil uji kekuatan tarik kain arah pakan cara pita tiras, dengan nomor benang lusi Ne₁ 30 dan pakan Ne₁ 10 dengan tetal yang berbeda. Secara lengkap hasil uji tersebut disajikan pada Tabel 2. Perlatan yang digunakan untuk uji tersebut adalah sebagai berikut:

1. Alat ukur lebar contoh uji /penggaris
Pada sertifikat kalibrasi, koreksi penggaris pada titik ukur 25 mm = 0 dengan ketidakpastian pengukuran U_{95%} = 0,30.
2. Alat uji uji kekuatan tarik kain
Pada sertifikat kalibrasi, ketidak-akuratan (A) untuk titik ukur ≤ 250 N = + 0,45% dengan ketidakpastian pengukuran U_{95%} = 0,88%.
3. Tetal kain
Tetal kain yang digunakan dalam helai/5cm adalah 59 (kain 1), 65 (kain 2), 68 (kain 3) dan 74 (kain 4)

Hasil uji kekuatan tarik kain cara pita tiras dapat dilihat pada Tabel 2, sedangkan perhitungan ketidakpastian pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 1. Estimasi ketidakpastian uji kekuatan kain cara pita tiras

Komponen Ketidakpastian	Satuan	Distribusi	u _i	c _i	u _i · c _i	(u _i · c _i) ²
Repeatability hasil pengujian	N		s(\bar{x})	$\frac{L_s}{L_k}$	s(\bar{x}) · $\frac{L_s}{L_k}$	$\left[s(\bar{x}) \cdot \frac{L_s}{L_k} \right]^2$
Alat uji kekuatan tarik	N	normal	$\frac{U_{95\%}F}{k_F}$	$\frac{L_s}{L_k}$	$\frac{U_{95\%}F}{k_F} \cdot \frac{L_s}{L_k}$	$\left[\frac{U_{95\%}F}{k_F} \cdot \frac{L_s}{L_k} \right]^2$
Alat ukur lebar contoh uji	N	normal	$\frac{U_{95\%}d}{k_d}$	$-F \cdot \frac{L_s}{L_k^2}$	$\frac{U_{95\%}d}{k_d} \cdot (-F \cdot \frac{L_s}{L_k^2})$	$\left[\frac{U_{95\%}d}{k_d} \cdot (-F \cdot \frac{L_s}{L_k^2}) \right]^2$
Tetal kain	N	rectangular	$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{T\sqrt{3}}$	$-F \cdot \frac{L_s}{L_k^2}$	$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{T\sqrt{3}} (-F \cdot \frac{L_s}{L_k^2})$	$\left[\frac{1}{2T\sqrt{3}} (-F \cdot \frac{L_s}{L_k^2}) \right]^2$
Ketidakpastian gabungan	N			u_c		$\sqrt{\sum_{i=1}^n (u_i \cdot c_i)^2}$
Ketidakpastian bentangan	N			U_{95%}		$2 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (u_i \cdot c_i)^2}$

Tabel 2. Hasil uji kekuatan tarik kain arah pakan cara pita tiras

Jenis kain	Tetal Kain (helai/5cm)	Gaya yang dihasilkan oleh alat uji kekuatan tarik kain (F) arah pakan, N								Kekuatan tarik kain (F _s), N
		1	2	3	4	5	\bar{x}	sd	\bar{x}_t	
1	59	195,447	195,348	194,368	172,205	173,774	186,228	12,106	185,394	185,394
2	65	199,075	202,311	190,347	207,607	200,448	199,958	6,274	199,062	199,062
3	68	215,354	203,096	192,210	200,252	206,528	203,488	8,483	202,576	202,576
4	74	222,905	224,180	214,570	217,904	231,437	222,199	6,450	221,204	221,204

Pada saat pengujian, penunjukan alat uji harus dikoreksikan dengan nilai yang ada pada sertifikat kalibrasi alat, seperti pada Tabel 2. Terlihat untuk jenis kain 1, penunjukan alat uji kekuatan tarik rata-rata (\bar{x}) 186,228 N. Tetapi karena alat ini mempunyai ketidak-akuratan untuk titik ukur ≤ 250 N sebesar + 0,45%, maka

penunjukan gaya tersebut harus dikoreksi dengan ketidak-akuratan alat uji tersebut.

Gaya sebenarnya (\bar{x}_t) dari penunjukan alat uji tersebut dapat dihitung dengan persamaan (19). Sehingga gaya sebenarnya dari penunjukan alat menjadi 185,394 N.

$$\bar{x}_t = \frac{\bar{x}}{A + 1} \dots \dots (19)$$

Tabel 3. Estimasi ketidakpastian pengukuran uji kekuatan tarik kain cara pita tiras untuk kain 1

Komponen Ketidakpastian	Satuan	Distribusi	u_i	c_i	$u_i \cdot c_i$	$(u_i \cdot c_i)^2$
Repeatability hasil pengujian	N		5,41396779	1	5,41396779	29,3110472
Alat uji kekuatan tarik	N	normal	0,28897425	1	0,28897425	0,08350612
Alat Ukur lebar contoh uji	N	normal	0,15	-7,41575	-1,11236	1,23735004
Tetal kain	N	rectangular	0,24463994	-7,41575	-1,81419	3,2912798
Ketidakpastian gabungan	N			u_c		5,824361176
Ketidakpastian bentangan	N			$U_{95\%}$		11,64872235

Tabel 4. Estimasi ketidakpastian pengukuran uji kekuatan tarik kain cara pita tiras untuk kain 2

Komponen Ketidakpastian	Satuan	Distribusi	u_i	c_i	$u_i \cdot c_i$	$(u_i \cdot c_i)^2$
Repeatability hasil pengujian	N		2,80581810	1	2,80581810	7,8726152
Alat uji kekuatan tarik	N	normal	0,3102795	1	0,3102795	0,096273337
Alat ukur lebar contoh uji	N	normal	0,15	-7,96489	-1,1943733	1,426527633
Tetal kain	N	rectangular	0,222057796	-7,96489	-1,7681327	3,126293289
Ketidakpastian gabungan	N			u_c		3,538602759
Ketidakpastian bentangan	N			$U_{95\%}$		7,077205518

Tabel 5. Estimasi ketidakpastian pengukuran uji kekuatan tarik kain cara pita tiras untuk kain 3

Komponen Ketidakpastian	Satuan	Distribusi	u_i	c_i	$u_i \cdot c_i$	$(u_i \cdot c_i)^2$
Repeatability hasil pengujian	N		3,79371293	1	3,79371293	14,3922578
Alat uji kekuatan tarik	N	normal	0,31575825	1	0,31575825	0,099703272
Alat ukur lebar contoh uji	N	normal	0,15	-8,10306	-1,21545844	1,477339212
Tetal kain	N	rectangular	0,21226112	-8,10306	-1,71996386	2,958275688
Ketidakpastian gabungan	N			u_c		4,35058406
Ketidakpastian bentangan	N			$U_{95\%}$		8,70116681

Tabel 6. Estimasi ketidakpastian pengukuran uji kekuatan tarik kain cara pita tiras untuk kain 4

Komponen Ketidakpastian	Satuan	Distribusi	u_i	c_i	$u_i \cdot c_i$	$(u_i \cdot c_i)^2$
Repeatability hasil pengujian	N		2,88452769	1	2,88452769	8,3205
Alat uji kekuatan tarik	N	normal	0,34479225	1	0,34479225	0,118881696
Alat ukur lebar contoh uji	N	normal	0,15	-8,84814	-1,32722150	1,761516919
Tetal kain	N	rectangular	0,19505077	-8,84814	-1,72583714	2,978513849
Ketidakpastian gabungan	N			u_c		3,630346053
Ketidakpastian bentangan	N			$U_{95\%}$		7,260692106

Pelaporan hasil pengujian beserta ketidakpastiannya sebaiknya mengikuti ketentuan sebagai berikut :¹⁹

- Pembulatan hanya dilakukan pada hasil akhir.
- Ketidakpastian dinyatakan dalam 1 angka penting (angka pertama yang bukan nol dari kiri) jika angka 5 atau lebih, jika kurang dari 5 maka dinyatakan dalam 2 angka penting.
- Nilai ketidakpastian dibulatkan ke atas, kecuali jika dibulatkan ke bawah penurunannya hanya sedikit.
- Hasil pengukuran dan/atau pengujian dibulatkan mengikuti ketidakpastiannya

Tabel 2 dan 3 memperlihatkan bahwa kain 1 dengan total kain 59 helai/5cm mempunyai kekuatan tarik kain 185 N ± 12 N Secara lengkap hasil uji kekuatan tarik kain dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil uji kekuatan tarik kain cara pita tiras

Jenis kain	Total kain (helai/5cm)	Kekuatan tarik kain (Fs), N	Kemampuan terbaik, N
Kain 1	59	185,4	±4,3
Kain 2	65	199,1	±4,3
Kain 2	68	202,6	±4,3
Kain 4	74	221,2	±4,4

Dengan menghilangkan kontribusi komponen ketidakpastian pengukuran yang berasal dari variasi contoh uji ini (*repeatability*), maka laboratorium dapat menentukan kemampuan terbaik untuk uji kekuatan tarik kain cara pita tiras. Kemampuan terbaik laboratorium merupakan nilai ketidakpastian terkecil yang mampu dicapai oleh laboratorium dalam melakukan pengujian dengan peralatan dan metoda yang ada. Kemampuan terbaik laboratorium untuk uji kekuatan tarik kain cara pita tiras dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengukuran terbaik laboratorium untuk uji kekuatan tarik kain cara pita tiras

Jenis kain	Total kain (helai/5cm)	Kekuatan tarik kain (Fs), N
Kain 1	59	185 ± 12
Kain 2	65	199 ± 7
Kain 2	68	203 ± 9
Kain 4	74	221 ± 8

Kemampuan terbaik pada Tabel 8, diperoleh dengan menghilangkan faktor variasi kekuatan kain, dan hanya memperhitungkan faktor peralatan, bahan dan metoda yang digunakan, sehingga dapat disimpulkan bahwa Laboratorium

uji hanya mampu melakukan uji kekuatan tarik kain cara pita tiras untuk kain 1 yang mempunyai toleransi diatas ± 4,3 N, sedangkan untuk yang dibawah toleransi tersebut, seberapa besar upaya yang dilakukan, Laboratorium tidak akan mampu mencapainya. Laboratorium dapat meningkatkan kemampuan terbaiknya dengan mengganti peralatan yang digunakan dengan peralatan yang mempunyai akurasi yang lebih baik

b. Kontribusi komponen ketidakpastian pengukuran

Laboratorium yang baik mempunyai peralatan dan metoda yang memberikan kontribusi ketidakpastian yang kecil, semakin kecil kontribusinya semakin baik, sehingga komponen ketidakpastian yang signifikan besarnya hanya dari variasi contoh uji. Besarnya kontribusi masing-masing komponen ketidakpastian untuk kain 1 adalah *repeatability* hasil pengujian 64,74%, penunjukan gaya pada alat uji tarik 3,35%, lebar contoh uji 12,89% dan total kain 21,02%. Besarnya kontribusi secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 9, sedangkan kontribusi komponen ketidakpastian pengukuran untuk perhitungan kemampuan laboratorium dapat dilihat pada Tabel 10.

Apabila melihat besarnya kontribusi komponen ketidakpastian, *repeatability* hasil pengujian memberikan kontribusi terbesar 62,74% (kain 1), 46,16% (kain 2), 53,85% (kain 3) dan 45,93% (kain 4). Hal ini menunjukkan besarnya variasi kekuatan kain. Ketidakpastian *repeatability* dapat diperbaiki dengan menambah jumlah contoh uji.

Tabel 9 juga memperlihatkan besarnya ketidakpastian yang berasal dari total kain. Semakin besar total kain akan membuat ketidakpastian u_i total kain yang semakin kecil, tetapi karena semakin besar total kain dengan nomor benang dan kekuatan benang yang sama maka gaya yang dihasilkan oleh alat uji tarik semakin besar, sehingga koefisien sensitifitas c_i total kain semakin besar. Ketidakpastian total kain merupakan kombinasi u_1 yang semakin kecil dan c_i yang semakin besar. Ketidakpastian total kain merupakan faktor eksternal yang tidak dapat diperbaiki.

Kontribusi penunjukan gaya pada alat uji yaitu 3,35% (kain 1), 5,10% (kain 2), 4,48% (kain 3) dan 5,49% (kain 4), dan kontribusi lebar contoh uji yaitu 12,89% (kain 1), 19,65% (kain 2), 17,25% (kain 3) dan 21,13% (kain 4). Kecilnya kedua kontribusi ini menunjukkan bahwa alat uji tarik yang digunakan mempunyai dan alat yang digunakan untuk pengukuran lebar (penggaris), keduanya memiliki akurasi yang cukup baik. Kontribusi keduanya pada ketidakpastian pengukuran dapat diperbaiki dengan mengganti peralatan keduanya dengan peralatan yang lebih akurat.

Tabel 9. Kontribusi komponen ketidakpastian pengukuran uji kekuatan cara pita tiras

Komponen Ketidakpastian	Kain 1		Kain 2		Kain 3		Kain 4	
	(N)	(%)	(N)	(%)	(N)	(%)	(N)	(%)
Repeatability hasil pengujian	5,414	62,74	2,806	46,16	3,794	53,85	2,885	45,91
Alat uji kekuatan tarik	0,289	3,35	0,310	5,10	0,316	4,48	0,345	5,49
Alat ukur lebar contoh uji	1,112	12,89	1,194	19,65	1,215	17,25	1,327	21,13
Total kain	1,814	21,02	1,768	29,09	1,719	24,41	1,726	27,47
Jumlah	8,629	100,00	6,079	100,00	7,045	100,00	6,282	100,00

Tabel 10. Kontribusi komponen ketidakpastian pengukuran uji kekuatan cara pita tiras untuk perhitungan kemampuan terbaik laboratorium

Komponen Ketidakpastian	Kain 1		Kain 2		Kain 3		Kain 4	
	(N)	(%)	(N)	(%)	(N)	(%)	(N)	(%)
Repeatability hasil pengujian	0	0	0	0	0	0	0	0
Alat uji kekuatan tarik	0,289	8,99	0,310	9,48	0,316	9,71	0,345	10,15
Alat ukur lebar contoh uji	1,112	34,59	1,194	36,49	1,215	37,39	1,327	39,06
Total kain	1,814	56,42	1,768	54,03	1,719	52,90	1,726	50,79
Jumlah	3,216	100,00	3,273	100,00	3,251	100,00	3,398	100,00

Tabel 10 dapat digunakan untuk memberikan salah satu pertimbangan dalam menentukan prioritas yang harus diperbaiki atau diganti untuk memperbaiki kemampuan terbaik laboratorium.

KESIMPULAN

Ketidakpastian pengukuran uji kekuatan tarik cara pita tiras dibuat dengan memperhitungkan semua komponen yang mempengaruhinya, yaitu variasi hasil (*repeatability*), gaya yang dihasilkan oleh alat uji tarik, lebar kain, dan total kain, sehingga diperoleh model matematis uji kekuatan tarik kain cara pita tiras, sebagai berikut :

$$F_s = F \cdot \frac{L_s}{L_k}$$

Dengan:

F_s = kekuatan tarik kain cara pita tiras, gf atau N

F = Gaya yang dihasilkan oleh alat uji tarik, gf atau N

L_s = ketentuan lebar kain pada metoda

L_k = lebar kain contoh uji

Kemampuan terbaik laboratorium dapat dihitung dengan menghilangkan kontribusi ketidakpastian *repeatability*. Kemampuan terbaik ini dapat dijadikan sebagai acuan oleh laboratorium uji dalam memberikan layanan kepada pelanggan.

Laboratorium uji dapat mengevaluasi peralatan, bahan dan metoda dalam melakukan pengujian, dengan melihat besarnya kontribusi ketidakpastian pengukurannya masing-masing.

PUSTAKA

1. SNI ISO/IEC 17025:2008. *Persyaratan umum kompetensi laboratorium pengujian dan laboratorium kalibrasi* (Badan Standardisasi Nasional, 2008)
2. Hosseini, K., Sadeghi, A., & Jeddi, A.A.A. Characterization of fabric tensile loading curve Jurnal of in nonlinear region related to their structure; Part I: Woven Fabric. *Textile and Polymers* **1 (2)**, (2013).
3. Saviano, M., Madruga, R. O. G. & Lourenco, F. R. Measurement uncertainty of aUPLC stability indicating method for determination of linezolid in dosage forms. *Measurement* **59**, 1–8 (2015).
4. Traple, M. A. L., Saviano, A. M., Francisco, F. L. and Lourenco, F. R. Measurement uncertainty in pharmaceutical analysis and its application. *Journal of Pharmaceutical Analysis* **4 (1)**, 1–5 (2014).
5. Saviano, M. & Lourenco, F. R. Uncertainty evaluation for determining linezolid in injectable solution by UV spectrophotometry. *Measurement*. **46 (10)**, 3924–3928 (2013).
6. Wu, T. Y., & Lu, Y. L. Error analysis and uncertainty estimation for a millimeter-wave phase-shift measurement system at 325 GHz. *Measurement* **59**, 198–204 (2015).
7. Cataliotti, A., Cosentino, V., Di Cara, D., Lipari, A., & Nuccio, S., A. DAQ-based sampling 34 wattmeter for IEEE Std. 1459-2010 powers measurements. Uncertainty

- evaluation in nonsinusoidal conditions. *Measurement* **61**, 27–38 (2015).
8. *ISO/IEC Guide 98-3:2008. Uncertainty of measurement - Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*. (International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission, 2008).
 9. *SNI 0276:2009 Cara uji kekuatan tarik dan mulur kain tenun*. (Badan Standardisasi Nasional, 2009)
 10. *SNI 0051:2008. Kain tenun untuk kemeja*. (Badan Standardisasi Nasional, 2008)
 11. *SNI 08-0108-2006. kain georgette poliester 100%*. (Badan Standardisasi Nasional, 2006)
 12. *SNI 0110:2008. Kain sarung poleng dan pelek orang dewasa*. Badan Standardisasi Nasional, (2004)
 13. Islam, S & Sukardan, M.D. Pemodelan dan Estimasi Ketidakpastian Pengukuran Uji Kekuatan Sobek Kain Metoda Pendulum (Elmendorf). *Arena Tekstil* **31 (1)**, 23-34 (2016).
 14. Wu, J & Pan, N. Grab and strip tensile strength for woven fabrics: an experimental verification. *Textile Res. J.* **75 (11)**, 789-796 (2005).
 15. Ferdous, N., Rahman, M.S., Kabir, R.B., & Ahmed, A.E. Comparative study tensile strength of different weave structures. *International Journal of Scientific Research Engineering & Technology (IJSRET)* **3 (9)**, (2014).
 16. *KAN-G-01:2011. KAN guide on the evaluation and expression of uncertainty in measurement no. 3*. (Komite Akreditasi Nasional Indonesia, 2011)
 17. *SNI 08-0261-1989. Kondisi ruang untuk pengujian serat, benang dan kain kapas*. (Badan Standardisasi Nasional, 1989)
 18. Taylor, B.N., and Kuyatt, C.E. *NIST Technical Note 1297 1994 Edition, Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results*. (National Institute of Standards and Technology, 1994)
 19. Moris, E.C and Fen, K.M.K. *Monograph 4: The Calibration of Weights and Balances* (National Measurement Institute, 2007)
-