

## KETIDAKPASTIAN PENGUKURAN KEKASARAN PERMUKAAN KELONGSONG BAHAN BAKAR NUKLIR DENGAN ROUGHNESS TESTER SURTRONIC-25

**Pranjono, Ngatijo, Torowati, Nur Tri Harjanto**

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

Badan Tenaga Nuklir Nasional, Serpong, Banten, Indonesia, 15310

Email : [pranjono@batan.go.id](mailto:pranjono@batan.go.id)

**Abstrak** - Telah dilakukan perhitungan ketidakpastian pengukuran kekasaran permukaan kelongsong bahan bakar nuklir dengan *Roughness Tester Surtronic-25*. Tujuan dari penentuan ketidakpastian ini untuk mengetahui rentang nilai kekasaran permukaan kelongsong yang terbuat dari bahan Zirkaloi. Ketidakpastian pengukuran adalah suatu parameter yang menetapkan rentang nilai suatu pengukuran. Penyimpangan dalam pengukuran yang terjadi akibat suatu perbuatan sengaja atau tidak sengaja yang dilakukan oleh operator dalam melakukan suatu pengukuran akan menyebabkan terjadinya kesalahan. Sumber-sumber kesalahan pengukuran ini meliputi kesalahan pengukuran sampel, dan kalibrasi alat. Tahapan kegiatan analisis adalah pengukuran terhadap sampel standar dan pengukuran terhadap permukaan kelongsong selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap nilai ketidakpastian. Dari hasil analisis dan perhitungan ketidakpastian diperoleh nilai kekasaran terbesar pada permukaan kelongsong adalah 0,468  $\mu\text{m}$  dengan rentang pengukuran  $\pm 0,0303 \mu\text{m}$  pada tingkat kepercayaan 95% sehingga rentang terbesarnya 0,4983  $\mu\text{m}$ . Dengan demikian besarnya nilai kekasaran permukaan kelongsong memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai komponen elemen bahan bakar nuklir dengan batasan maksimum 0,80  $\mu\text{m}$ .

Kata Kunci : Ketidakpastian Pengukuran, Kekasaran Permukaan, *Surtronic 25*

**Abstract** - *Measurement uncertainty calculation surface roughness of nuclear fuel cladding by roughnes Tester Surtronic-25 has been done. Determination of uncertainty purposed to show the range surface roughness value of cladding that made from zircaloy. Measurement uncertainty is a parameter to determined a range measurement value. Measurement deviation occured caused by accidentally or in accidentally mistakes done by an operator in measurement process. Error sources in measurement were included the sampel measurement error, and instrument calibration. Analysis steps were standard sampel measurement and surface cladding measurement, continued by calculation of uncertainty value. The results from analysis and uncertainty calculation show the highest roughness value of surface cladding at 0,468  $\mu\text{m}$  with measurement range at  $\pm 0,0303 \mu\text{m}$  with significant level at 95% so that the maximum limit value of the measurement range at 0,4983  $\mu\text{m}$ . The surface roughness value of cladding was meet the requirement to be used as nuclear fuel element component that limited to 0,80  $\mu\text{m}$ .*

*Keywords* : *measurement uncertainty, surface roughness, surtronic 25*

### I. PENDAHULUAN

Analisis kekasaran permukaan kelongsong bahan bakar nuklir dilakukan sebagai salah satu upaya memenuhi persyaratan kendali mutu. Pengukuran kekasaran dilakukan dengan metode kontak langsung, dimana stylus kontak langsung dengan benda yang akan diukur. Analisis kesalahan sangat penting untuk menafsirkan hasil

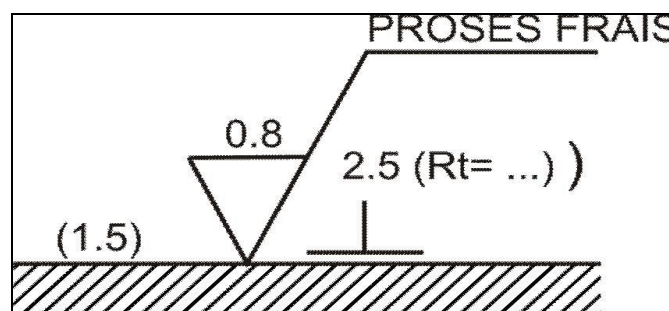
suatu percobaan. Pengukuran nilai suatu besaran mungkin akan didapatkan hasil yang berbeda. Dengan kata lain semua pengukuran memiliki beberapa derajat ketidakpastian. Oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan ketidak pastian pengukuran.

Salah satu cara untuk menyakinkan hasil pengukuran adalah dengan cara melakukan pengukuran yang sama untuk beberapa kali kemudian mencari nilai rata-ratanya. Pengukuran berulang juga memungkinkan untuk memperkirakan ketidakpastian pengukuran dengan memeriksa konsistensi hasil pengukuran. Kepresisian hasil pengukuran tergantung pada sebaran data pengukurannya, yang sering diukur secara statistik dengan menggunakan standar deviasi dan jumlah (N), yang menyatakan jumlah pengukuran.

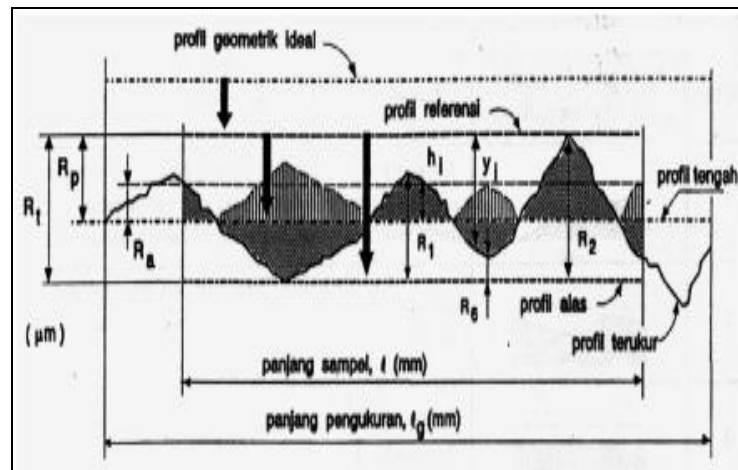
Dalam kegiatan ini dilakukan pengukuran terhadap *roughness standard* dan terhadap permukaan kelongsong zirkaloi-2 dengan menggunakan alat *Roughness Tester Surtronic 25* dengan menggunakan metode kontak. Persyaratan spesifikasi sebagai komponen bahan bakar nuklir nilai kekasarannya tidak melebihi  $0,80 \mu\text{m}$  [4]. Pengukuran tersebut akan memberikan kontribusi kesalahan sehingga dipandang perlu untuk melakukan estimasi perhitungan ketidakpastian pengukurannya. Ketidakpastian pengukuran dan kesalahan sangat terkait antara satu dengan yang lainnya karena ketidakpastian pengukuran memadukan semua kesalahan yang dilakukan menjadi suatu rentang tunggal pengukuran.

## II. TEORI

Kekasaran Rata-rata Aritmetis ( $R_a$ ) (*Mean Roughness Index/CenterLine Average, CLA*), merupakan harga-harga rata-rata secara aritmetis dari harga absolut antara harga profil terukur dengan profil tengah [1,2]. Simbol spesifikasi permukaan maupun posisi  $R_a$  dan parameter kekasaran yang lain seperti bentuk profil, panjang sampel dan panjang pengukuran yang dilakukan oleh mesin-mesin ukur kekasaran permukaan dapat dilihat seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2 [1,2,5].



Gambar 1. Simbol Spesifikasi Permukaan



Gambar 2. Parameter Permukaan

Dalam menghitung nilai kekasaran permukaan kelongsong tentunya perlu menetapkan rentang nilainya yang dapat diketahui dari menghitung ketidakpastiannya. Menghitung rentang tersebut dikenal dengan pengukuran ketidakpastian. Penilaian kesesuaian terhadap suatu produk sering kali mencakup nilai terukur yang terletak dekat zona ketidakpastian. Menurut Pedoman Evaluasi dan Pelaporan Ketidakpastian Pengukuran dari Komite Akreditasi Nasional (KAN), ketidakpastian pengukuran terdiri dari beberapa komponen yang diklasifikasikan dalam bentuk evaluasi ketidakpastian tipe A dan tipe B [3].

Ketidakpastian tipe A berdasarkan pekerjaan eksperimental dan dihitung dari serangkaian pengamatan berulang. Bila pengukuran diulangi beberapa kali, nilai rata-rata dan simpangan bakunya dapat dihitung. Simpangan baku ini menggambarkan sebaran nilai yang dapat digunakan untuk mewakili seluruh populasi nilai terukur. Ketidakpastian tipe B dihitung berdasarkan informasi yang dapat dipercaya, yang dapat diperoleh dari spesifikasi alat atau sertifikat. Untuk memperoleh ketidakpastian baku, ketidakpastian bentangan dibagi dengan faktor cakupan yang diberikan dalam sertifikat tersebut. Tanpa adanya nilai faktor cakupan, maka faktor cakupan sama dengan 2, jika ketidakpastian bentangan mempunyai tingkat kepercayaan 95 %.

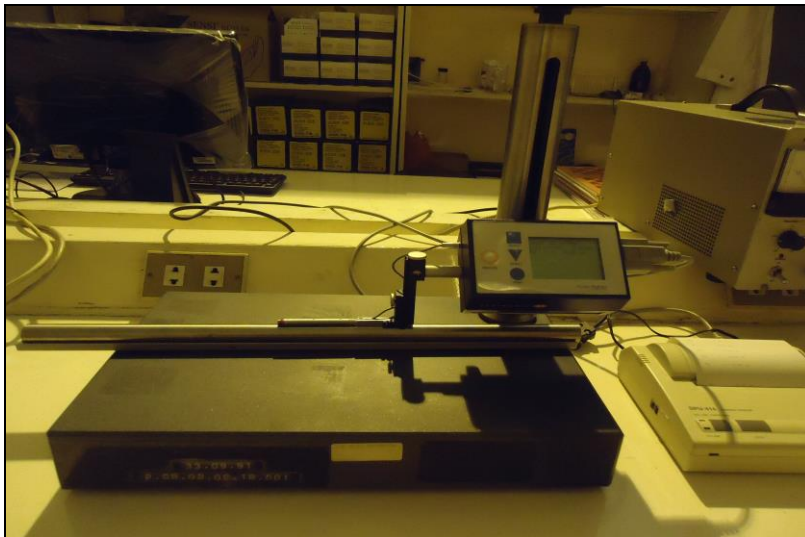
### III. TATA KERJA

#### A. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penentuan ketidakpastian pengukuran ini adalah; Kelongsong Zirkaloi, *Stylus, Roughness Standard* 1  $\mu\text{m}$ , danudukan kelongsong untuk pengukuran.

#### B. Alat

Alat yang digunakan adalah *Roughness Tester Surtronic 25* yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Alat *Roughness Tester Type Surtronic 25*

#### C. Cara Kerja

Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan dengan cara kontak, dimana permukaan benda yang akan diukur kekasarannya bersentuhan langsung dengan *stylus*.

Sampel diambil secara acak dan titik pengukuran dilakukan di empat titik pengukuran. Pengukuran dilakukan melalui tahapan kalibrasi terhadap alat dengan mengukur sampel standar kekasaran permukaan (*specimen roughness standard*). Langkah selanjutnya pengukuran terhadap permukaan kelongsong.

Pelaksanaan pengukuran dilakukan dengan menggunakan *Roughness Tester Type Surtronic 25*. Alat ini dilengkapi dengan jarum peraba (*stylus pick up*), dan hasil pengukuranditampilkanpada tampilan yang ada pada alat.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran sampel standar dengan menggunakan standar 1,0  $\mu\text{m}$  dengan pengulangan 5 kali. Hasil pengukuran terhadap sampel standar dituangkan dalam bentuk Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1 . Hasil pengukuran sampel Standar 1,0  $\mu\text{m}$

No	Nama	Hasil ( $\mu\text{m}$ )	Keterangan
1	Standar Roughness, 1,0 $\mu\text{m}$	0,99	Rerata = 0,998 $\mu\text{m}$ Sd = 0,008
		1,00	
		0,99	
		1,01	
		1,00	

Pengukuran kelongsong dilakukan di empat titik pengukuran dengan arah putaran sekitar 90 ° dimulai dari ujung satu ke arah ujung yang lain. Kelongsong yang diukur adalah kelongsong Zirkaloi-2 untuk type HWR yang panjangnya 50 cm. Pada titik-titik pengukuran diberi simbol Titik 1 ( $T_1$ ), Titik 2 ( $T_2$ ), Titik 3 ( $T_3$ ), Titik 4 ( $T_4$ ). Dari setiap kali titik pengukuran dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali. Hasil pengukuran nilai kekasaran tersebut disajikan dalam bentuk Tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Rerata Pengukuran Kelongsong Zirkaloi 2

No	Titik Pengukuran	Hasil Pengulangan Pengukuran,					Keterangan
		1	2	3	4	5	
1	$T_1$	0,46	0,48	0,46	0,48	0,46	Rerata = 0,468 Sd = 0,011
2	$T_2$	0,38	0,38	0,36	0,38	0,38	Rerata = 0,376 Sd = 0,009
3	$T_3$	0,38	0,40	0,38	0,38	0,38	Rerata = 0,384 Sd = 0,009
4	$T_4$	0,46	0,46	0,44	0,46	0,44	Rerata = 0,452 Sd = 0,011

Perhitungan ketidakpastian pengukuran kekasaran permukaan dilakukan dengan menghitung ketidakpastian tipe A dan ketidakpastian tipe B dan diasumsikan berdistribusi normal dengan tingkat kepercayaan 95 %.

## A. Perhitungan Ketidakpastian :

### 1. Ketidakpastian Tipe A

Ketidakpastian  $U(x)$  dari pengukuran sampel standar dihitung dengan menggunakan rumus seperti pada pedoman penghitungan ketidakpastian pengukuran yang dikeluarkan oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN) yaitu dengan menggunakan rumus

$$U(x) = \frac{S(\bar{x})}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots(1)$$

Dari Tabel 1 diperoleh standar deviasi 0,008  $\mu\text{m}$  dan dengan perhitungan menggunakan rumus (1) maka ketidakpastian sampel standard  $U(A_1)$  adalah

$$U(A_1) = \frac{0,008}{\sqrt{5}} = 0,0036$$

Ketidakpastian pengukuran kelongsong diambil dari pengukuran terbesar pada titik  $T_1$ , nilai kekasarannya  $R_a = 0,468$  dengan  $S_d$  0,011.

$$U(A_2) = \frac{0,011}{\sqrt{5}} = 0,0049$$

### 2. Ketidakpastian Tipe B

Dilakukan dengan menghitung berdasarkan informasi yang dapat dipercaya.

a. Ketidakpastian berdasarkan sertifikat untuk sampel standar 1,0  $\mu\text{m}$  didapat informasi rerata  $R_a = 0,997 \mu\text{m}$ ,  $N = 29$ ;  $S_d = 0,004413 \mu\text{m}$  dan ketidakpastian = 0,0083

$$U(B_1) = 0,0083$$

b. Resolusi *pick up* pada *range* 100  $\mu\text{m}$  adalah 0,01  $\mu\text{m}$

$$U(B_2) = \frac{0,01}{2} = 0,005 \mu\text{m}$$

c. Akurasi *pick up* pada *range* 100  $\mu\text{m}$  adalah 0,02  $\mu\text{m}$

$$U(B_3) = \frac{0,02}{2} = 0,01 \mu\text{m}$$

Perhitungan ketidakpastian gabungan dihitung berdasarkan perhitungan ketidakpastian tipe A dan tipe B, untuk memudahkan perhitungan maka dibuat tabel seperti yang tertuang pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Ketidakpastian Pengukuran

No	Uraian	Hasil Perhitungan	
		U(x)	U(x) <sup>2</sup>
1	Sampel Standar (A1)	0,0036	0,00001
2	Kelongsong (A2)	0,0049	0,00002
3	Sertifikat (B1)	0,0083	0,00007
4	Resolusi Pick up (B2)	0,0050	0,00003
5	Akurasi Puck up (B3)	0,0100	0,00010
		<b>∑ U(x)<sup>2</sup></b>	<b>0,00023</b>

**B. Ketidakpastian Gabungan :**

Perhitungan ketidakpastian gabungan dihitung berdasarkan rumus,

$$U_c = \pm \sqrt{U(A1)^2 + U(A2)^2 + U(B1)^2 + U(B2)^2 + U(B3)^2} \dots\dots\dots(2)$$

dengan perhitungan menggunakan rumus (2) maka ketidakpastian gabungan  $U_c$  adalah :

$$U_c = \pm \sqrt{(0,0036)^2 + (0,0049)^2 + (0,0083)^2 + (0,0050)^2 + (0,0100)^2}$$

$$U_c = \pm \sqrt{0,00023}$$

$$U_c = \pm 0,0152 \mu\text{m.}$$

**C. Perhitungan Ketidakpastian Terentang**

Derajat kebebasan untuk ketidakpastian didapat faktor cakupan  $k$  sebesar 2 pada tingkat kepercayaan 95%.

$$U = \pm (k \times U_c) \dots\dots\dots(3)$$

Dengan menggunakan rumus (3) maka diperoleh ketidakpastian terentang adalah

$$U = \pm 2 \times 0,0152 \mu\text{m.}$$

$$U = \pm 0,0303 \mu\text{m.}$$

Pada perhitungan diatas diambil pengukuran permukaan kelongsong diambil nilai kekasaran yang paling besar yaitu pada T1 nilai kekasarannya sebesar 0,468  $\mu\text{m}$ , setelah dihitung dengan nilai rentangan diperoleh nilai kekasarannya adalah 0,4983  $\mu\text{m}$ . Nilai kekasaran 0,4983 masih memenuhi syarat yang diijinkan yaitu tidak melebihi 0,80  $\mu\text{m}$ .

Ditinjau dari nilai kekasaran, maka dapat digunakan sebagai komponen bahan bakar nuklir.

## V. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan ketidakpastian pengukuran terhadap kekasaran permukaan kelongsong zirkaloi 2 dengan menggunakan alat *Roughness Tester Surtronic 25*, didapat nilai kekasaran terbesar adalah 0,468  $\mu\text{m}$  dengan rentang pengukuran  $\pm 0,0303 \mu\text{m}$  pada tingkat kepercayaan 95 %. Oleh karena nilai rentang pengukuran terbesar adalah 0,4983  $\mu\text{m}$ , makadari keseluruhan pengukuran nilai kekasaran permukaan kelongsong masih dalam batas keberterimaan yaitu masih dibawah 0,80  $\mu\text{m}$ , sebagai persyaratan untuk dapat digunakan komponen bahan bakar nuklir.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Kepala Bidang Fabrikasi Bahan Bakar Nuklir yang telah memberi arahan dalam proses penulisan. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Sdri. MM Lilis Windaryati dan Sdri. Banawa Sri Galuh yang telah menyiapkan bahan bahan serta memberi masukan dalam kegiatan pengukuran kelongsong.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ASME B46.1, Surface Texture (Surface Roughness, Waviness, and Lay), An American National Standard, Three Park Avenue, New York, NY, USA, 2009.
- [2]. Surtronic 25 User Guide Taylor Hobson Precision, K505/125-01, Taylor Hobson Ltd, England, 2006.
- [3]. Pedoman dan Evaluasi Pelaporan Ketidakpastian Pengukuran, DP 01.23, Komite Akreditasi Nasional (KAN), Jakarta, 2003.
- [4]. Sasongko Heru, Petunjuk Pelaksanaan Kendali Mutu Laboratorium Fabrikasi Bahan Bakar Nuklir, IEBE-PEBN-BATAN, Serpong, 1988.
- [5]. Bimbing Atedi dkk, Standar Kekasaran Permukaan Bidang Pada Yoke Flange Menurut ISO R 1302 dan DIN 4768 Dengan Memperhatikan Nilai Ketidakpastiannya, Media Mesin Volume 6 No 2, 2005.