

SNSU PK.P-05:2021

Penggunaan dan Perawatan **Balok Ukur**



SNSU PK.P-05:2021

PENGGUNAAN DAN PERAWATAN BALOK UKUR

Penyusun:

1. Nurul Alfiyati
2. Nurlathifah
3. A. Praba Drijarkara

Kontributor:

1. Ocka Hedrony
2. Eka Pratiwi
3. Ardi Rahman
4. Okasatria Novyanto
5. Istiqomah
6. Rina Yuniarty
7. Azwar Sabana
8. Achmad Fachrudin
9. Albertus Darmawan
10. Ediyanto
11. Endang Sumirat

Desain sampul: Bagus Muhammad Irvan dan David Nicko Harmanditya - BSN

Direktorat Standar Nasional Satuan Ukuran Mekanika, Radiasi, dan Biologi
Badan Standardisasi Nasional

Hak cipta © Badan Standardisasi Nasional, 2021

Lembar Pengesahan

Panduan Penggunaan dan Perawatan Balok Ukur (SNSU PK.P-05:2021) diterbitkan oleh Badan Standardisasi Nasional sebagai upaya untuk memberikan informasi yang lengkap bagi laboratorium kalibrasi maupun institusi lain yang berkepentingan dengan penggunaan balok ukur dan cara perawatannya. Panduan ini mencakup penjelasan umum, penggunaan dan perawatan balok ukur. Panduan ini disusun berdasarkan beberapa acuan internasional, nasional, maupun sumber ilmiah lainnya melalui proses pembahasan internal di Direktorat Standar Nasional Satuan Ukuran Mekanika, Radiasi, dan Biologi serta dengan mempertimbangkan masukan dari para ahli di bidang metrologi dimensi.

Dokumen ini diterbitkan secara bebas dan tidak untuk diperjualbelikan secara komersial. Bagian dari dokumen ini dapat dikutip untuk keperluan edukasi atau kegiatan ilmiah dengan menyebutkan sumbernya, namun tidak untuk keperluan komersial.

Disahkan tanggal 19 November 2021

Hastori
Deputi Bidang Standar Nasional Satuan Ukuran
Badan Standardisasi Nasional

Daftar isi

1.	Pendahuluan	1
2.	Ruang lingkup.....	1
3.	Definisi.....	1
4.	Dasar pengukuran, ketertelusuran, dan kondisi acuan	2
4.1.	Satuan panjang: meter.....	2
4.2.	Ketertelusuran panjang dengan balok ukur	2
4.3.	Suhu acuan dan tekanan standar	2
4.4.	Acuan orientasi dari balok ukur.....	2
5.	Dimensi umum, kelas (<i>grade</i>), dan sifat material	3
5.1.	Dimensi umum	3
5.2.	Kelas	4
5.3.	Sifat material	4
6.	Penggunaan balok ukur.....	6
7.	<i>Wringing</i>	6
8.	Penanganan dan perawatan balok ukur.....	10
8.1.	Penanganan balok ukur	10
8.2.	Perawatan balok ukur.....	12
9.	Penyimpanan balok ukur	15
9.1.	Suhu dan kelembapan	16
10.	Tips membeli balok ukur.....	16
10.1.	Kombinasi nominal balok ukur.....	16
10.2.	Inch dan metrik	17
10.3.	Ukuran khusus	18
10.4.	Alat bantu/asesoris	18
	Bibliografi.....	19

Panduan Penggunaan dan Perawatan Balok Ukur

1 Pendahuluan

- 1.1. Panduan ini disusun untuk memberikan informasi umum tentang penggunaan dan perawatan balok ukur (*gauge block*), yang merupakan standar fisik tertinggi untuk besaran panjang dan yang menjadi standar bagi pengukuran dimensional lain dibawahnya. Bergantung pada jenis penggunaan dan kualitas yang dibutuhkan, balok ukur memiliki beberapa kelas (*grade*).
- 1.2. Informasi yang diuraikan dalam panduan ini mengacu pada standar ISO 3650:1998, *Geometrical Product Specifications (GPS) – Length standards – Gauge blocks*, dan standar atau dokumen lain yang relevan dan termutakhir.

2 Ruang lingkup

- 2.1. Panduan ini menetapkan menetapkan karakteristik termasuk pemeliharaannya, dengan penampang persegi panjang dan panjang nominal berkisar dari 0,5 mm sampai 100 mm (khusus untuk balok ukur pendek / *short gauge block*).
- 2.2. Penyimpangan batas dan toleransi dinyatakan untuk kalibrasi kelas 00/K, 0, 1 dan 2 sesuai ISO 3650 untuk berbagai tujuan pengukuran.

3 Definisi

- 3.1. Balok ukur (*gauge block*) adalah ukuran material penampang persegi panjang, terbuat dari bahan tahan aus, dengan sepasang bidang datar, muka ukur yang saling paralel, yang dapat *di-wringing* ke muka ukur dari balok ukur lain untuk membuat rakitan komposit, atau ke muka ukur panjang.
- 3.2. Panjang balok ukur (l) adalah jarak tegak lurus antara titik tertentu dari muka ukur dan muka planar dari pelat bantu dari bahan yang sama dan tekstur muka yang telah *wringing* muka ukur lainnya.
- 3.3. Panjang tengah balok ukur (l_c) adalah panjang balok ukur yang diambil di titik tengah muka ukur secara bebas.
- 3.4. *Wringing* adalah properti dari muka ukur balok ukur yang melekat pada muka ukur lain, sebagai hasil dari gaya lekat yang dimiliki oleh balok ukur.

4 Dasar pengukuran, ketertelusuran, dan kondisi acuan

4.1. Satuan panjang: meter

Meter didefinisikan dengan mengambil nilai numerik tetap kecepatan cahaya dalam ruang hampa c menjadi 299 792 458 ketika dinyatakan dalam satuan meter/detik, dimana detik didefinisikan dalam istilah frekuensi caesium $\Delta\nu_{Cs}$ [CGPM, 2018].

Definisi tersebut berlaku sejak 20 Mei 2019 diwujudkan dengan standar primer yang direkomendasikan oleh *Consultative Committee for Length* (CCL) di *the International Committee of Weights and Measures* (CIPM) [CCL SI Brochure, 2019].

Efek dari definisi ini adalah bahwa satu meter adalah panjang jalur yang dilalui cahaya dalam ruang hampa selama selang waktu dengan durasi 1/299 792 458 detik.

4.2. Ketertelusuran panjang dengan balok ukur

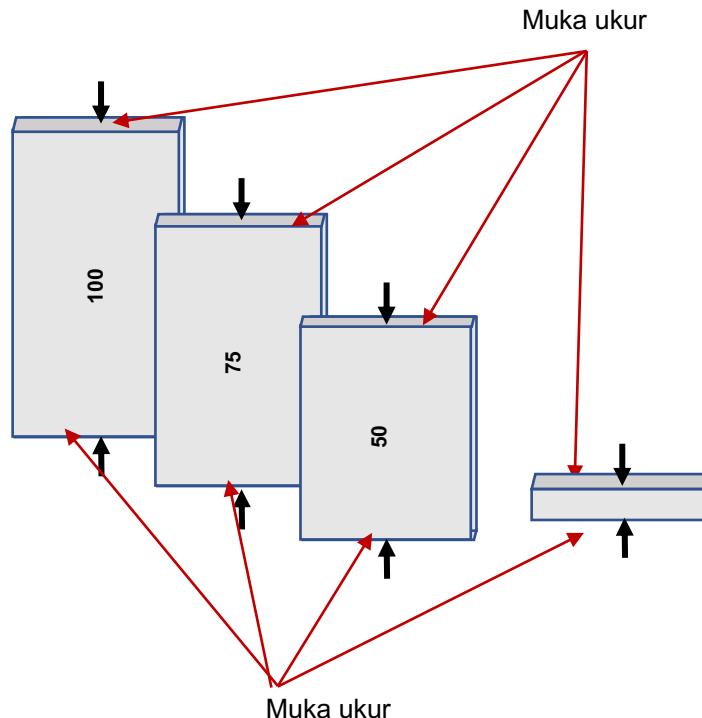
Panjang terukur dari sebuah balok ukur harus tertelusur ke satuan Sistem Internasional (SI) melalui hasil kalibrasi balok ukur kelas (*grade*) yang lebih tinggi, yang terhubung dengan rantai ketertelusuran pengukuran yang tidak terputus. Balok ukur kelas tertinggi tertelusur pada gelombang cahaya melalui interferometri. Balok ukur standar dari kalibrasi metode interferometri dapat didiseminasi ke balok ukur kelas lain melalui metode komparasi. Ketertelusuran ini dapat berasal dari laboratorium kalibrasi dan lembaga metrologi nasional baik di dalam negeri maupun luar negeri.

4.3. Suhu acuan dan tekanan standar

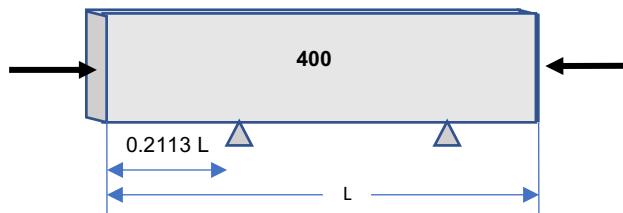
Panjang nominal dan panjang terukur dari balok ukur berlaku pada suhu acuan 20 °C (lihat ISO 1) dan tekanan standar 101.325 Pa = 1.013 25 bar.

4.4. Acuan orientasi dari balok ukur

Panjang balok ukur sampai dengan panjang nominal 100 mm mengacu pada orientasi vertikal dengan muka ukur horizontal.



Gambar 1. Posisi muka ukur untuk balok ukur < 100 mm (vertikal)



Gambar 2. Posisi muka ukur untuk balok ukur > 100 mm (horisontal)

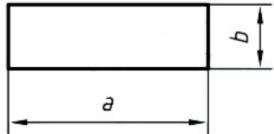
Panjang balok ukur lebih dari 100 mm panjang nominal mengacu pada orientasi horisontal dengan balok ditopang pada tanda panah (*airy point*) yang berada pada balok ukur, masing-masing pada jarak 0,2113 kali panjang nominal dari ujungnya.

5 Dimensi umum, kelas (*grade*), dan sifat material

5.1. Dimensi umum

Dimensi nominal penampang dan batas deviasi diberikan dalam Tabel 1.

Tabel 1 - Penampang¹

Penampang	Panjang nominal, l_n	a	b
	$0,5 \leq l_n \leq 10$	30	9
	$10 \leq l_n \leq 1000$	35	

5.2. Kelas

Kelas (*grade*) pada balok ukur menurut ISO 3650, terdiri dari:

- kelas K
- kelas 0
- kelas 1
- kelas 2

K adalah kelas tertinggi yang memiliki batas deviasi panjang terkecil, sedangkan kelas 2 adalah kelas terendah yang memiliki batas deviasi panjang terbesar. Balok ukur kelas K digunakan terutama untuk mengkalibrasi balok ukur lainnya melalui metode komparasi sedangkan balok ukur kelas 2 dapat ditemukan di bengkel untuk memeriksa berbagai peralatan.

5.3. Sifat material

5.3.1. Material

Selain baja, balok ukur dapat terbuat dari material keramik, tungsten karbida, krom karbida, dan cervit. Balok karbida sangat keras dan karenanya tidak mudah tergores. Hasil akhir dari permukaan pengukuran sama baiknya dengan baja, dan panjangnya stabil seperti baja, bahkan mungkin lebih stabil. Tungsten karbida memiliki koefisien muai yang sangat rendah (1/3 dari baja) dan karena kepadatannya yang tinggi, balok tersebut tampak berat. Karbida krom memiliki koefisien muai panas menengah (2/3 dari baja) dan memiliki massa jenis yang kurang lebih sama dengan baja. Balok karbida menjadi sangat populer karena daya tahannya dan karena dalam lingkungan laboratorium yang terkontrol, perbedaan ekspansi termal antara karbida dan baja mudah diatur. Cervit adalah keramik kaca yang dirancang untuk memiliki koefisien muai panas hampir nol. Kekurangannya adalah bahannya lebih lembut dari baja, dapat membuat goresan yang berbahaya, dan pada dasarnya keramik itu rapuh. Jika balok baja dapat rusak karena terjatuh, maka balok cervit cenderung retak atau pecah. Selain itu juga terdapat balok ukur keramik berbasis zirconia yang sering disebut *cera block*.

¹ Sumber ISO 3650:1998

Saat ini beberapa manufaktur mengeluarkan balok ukur yang memiliki koefisien muai panas yang rendah (*low coefficient thermal expansion* atau *low CTE*) dari bahan baja dan keramik, dan juga zero cera block dari bahan keramik khusus yang memiliki koefisien muai panas pada temperatur 20 °C sebesar $0 \pm 0,02 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Balok ukur dengan *low CTE* dan *Zero cera block* ini hanya tersedia dalam kelas K dan biasanya dipergunakan untuk pengukuran dengan metode interferometri.

5.3.2. Koefisien muai panas

Beberapa jenis bahan balok ukur yang banyak digunakan beserta koefisien muai panas yang dimilikinya.

Tabel 2. Koefisien muai panas pada balok ukur manufaktur KOBA²

Material	Koefisien muai panas (10^{-6} K^{-1})
Baja	$11,5 \pm 1,0$
Keramik	$9,3 \pm 0,5$
Tungsten carbide	$5,5 \pm 1,0$

Balok ukur dari beberapa manufaktur yang berbeda dapat memiliki nilai koefisien yang berbeda, meskipun jenis material balok ukurnya sama.

5.3.3. Kestabilan dimensi

Perubahan panjang maksimum yang diizinkan pada balok ukur per tahun (sesuai ISO 3650) dinyatakan dalam Tabel 3. Perubahan ini berlaku bila balok ukur tidak terkena suhu, getaran, guncangan, medan magnet, atau gaya mekanis yang berlebihan.

Tabel 3. Kestabilan dimensi³

Kelas	Perubahan panjang maksimum yang diizinkan per tahun
K 0	$\pm (0,02 \mu\text{m} + 0,25 \times 10^{-6} \times l_n)$
1 2	$\pm (0,05 \mu\text{m} + 0,5 \times 10^{-6} \times l_n)$

Catatan - l_n dinyatakan dalam milimeter.

² Sumber KOBA gauge block

³ Sumber ISO 3650:1998

6. Penggunaan balok ukur

Balok ukur dapat digunakan untuk mengkalibrasi peralatan ukur panjang (misalnya mikrometer, jangka sorong, dan sebagainya), juga untuk mengalibrasi balok panjang lainnya (misalnya ring gauge, plug gauge, step gauge). Balok ukur untuk kelas yang lebih tinggi juga dapat digunakan untuk mengkalibrasi balok ukur lain dengan kelas yang sama atau lebih rendah melalui metode komparasi.

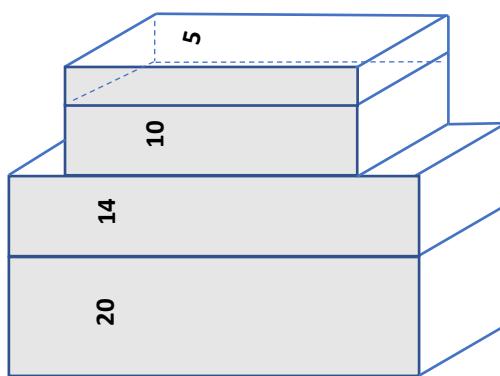
Beberapa peralatan ukur yang dikalibrasi atau diverifikasi dengan menggunakan balok ukur, seperti:

- *Coordinate Measuring Machines (CMM);*
- Mikrometer (PK.P-01-2020);
- Jangka sorong (PK.P-2-2020);
- *Universal Length Machine (ULM);*
- dan alat ukur lainnya.

Sebelum balok ukur digunakan, muka ukur balok ukur sebaiknya diperiksa dengan menggunakan optical flat. Perbedaan *flatness* antara balok ukur dan *optical flat* diperlihatkan dalam bentuk pola *frinji* (pola gelap terang) yang dapat dilihat melalui *optical flat* yang diletakkan di atas permukaan muka ukur balok ukur. Pola frinji ini juga memberikan gambaran bagaimana kondisi geometri dari permukaan muka ukur balok ukur secara keseluruhan.

7 Wringing

Balok ukur dapat disusun untuk mendapatkan nilai panjang tertentu dengan cara menyusun beberapa buah balok ukur (*wringing*) dengan panjang ukur yang berbeda-beda. Sebagai contoh untuk mendapatkan panjang balok ukur 49 mm dapat diperoleh dari kombinasi balok ukur $20\text{ mm} + 14\text{ mm} + 10\text{ mm} + 5\text{ mm}$. Dengan demikian terdapat 4 buah balok ukur dengan 3 buah lapisan *wringing*.



Gambar 3. Contoh kombinasi *wringing* balok ukur

Balok ukur dengan ukuran panjang nominal di bawah 10 mm memiliki panjang muka ukur yang berbeda dengan panjang nominal di atas 10 mm, sehingga jika menggunakan kombinasi balok

ukur tersebut, susunan balok ukur diusahakan berada di bagian tengah, mengingat panjang balok ukur diukur pada panjang titik tengahnya.

Wringing yang dimaksud bukan hanya sekedar menyusun, menghimpitkan, atau menumpuk sejumlah balok ukur, namun juga melekatkannya. Untuk mendapatkan balok ukur yang ter-wringing dengan baik membutuhkan pengetahuan teknik *wringing* yang tepat.

Balok ukur dapat di-wringing secara alami tanpa bantuan cairan khusus, mengingat sifat balok yang dapat di-wringing karena sifat gaya tarik menarik antar molekul yang dimilikinya.

Dalam hal *wringing* sulit dilakukan, *wringing* balok ukur dapat dilakukan dengan menggunakan *vaselin* atau cairan khusus yang dioleskan pada permukaan balok ukur sebelum di-wringing. Cairan khusus ini dapat dibuat dengan mencampurkan *paraffin* cair dan *petroleum ether (alkyl hydrocarbons)* dengan perbandingan 1:7. Jika tidak menggunakan cairan khusus ini, maka *wringing* dapat dilakukan dengan menggunakan *vaselin* yang dioleskan tipis pada balok ukur.

Sebelum melakukan *wringing*, pastikan balok ukur dalam keadaan bersih, tidak ada kotoran, debu, ataupun serat kain yang tertinggal di atas permukaan ukurnya. Pilihlah balok ukur yang memiliki nominal ukur paling panjang sebagai bagian bawah dari balok ukur yang akan disusun. Oleskan sedikit *vaselin* pada balok ukur atau cairan khusus tipis pada permukaan balok ukur tersebut, kemudian permukaan tersebut dibersihkan dengan tisu atau kain halus tanpa serat sehingga bekas olesan tidak lagi tampak pada permukaan balok ukur. Jika lapisan ini tebal dan masih tampak, maka akan mempengaruhi pada hasil pengukuran. Jika masih ada debu dan serat yang tertinggal, maka *wringing* tidak akan sempurna. Gunakan *air blower* untuk membersihkan debu atau serat tersebut. Kualitas *wringing* yang tidak sempurna akan mempengaruhi hasil pengukuran, membuat balok ukur menjadi lebih panjang.

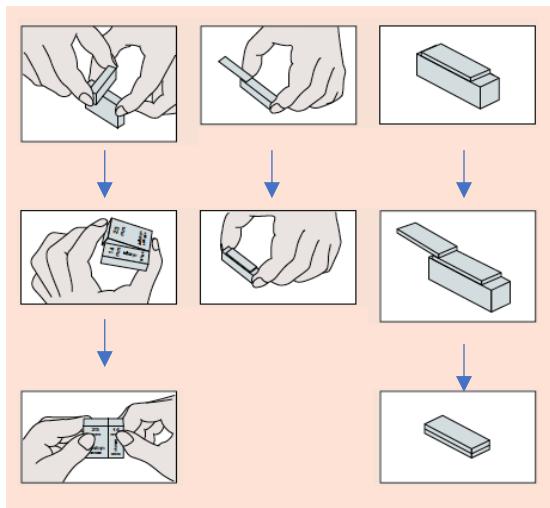
Ada beberapa sebab *wringing* tidak sempurna, diantaranya:

- a. Balok ukur dalam kondisi kotor atau tidak bersih sempurna.
- b. Permukaan balok ukur cacat atau tergores.
- c. Terlalu banyak atau tebal minyak yang diberikan pada permukaan ukur balok ukur.
- d. Tidak cukupnya gaya yang diberikan selama proses *wringing*.
- e. Tidak cukup hati-hati menggeser balok ukur sampai mulai mencapai *wringing* yang sempurna.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan saat melakukan *wringing*, yaitu:

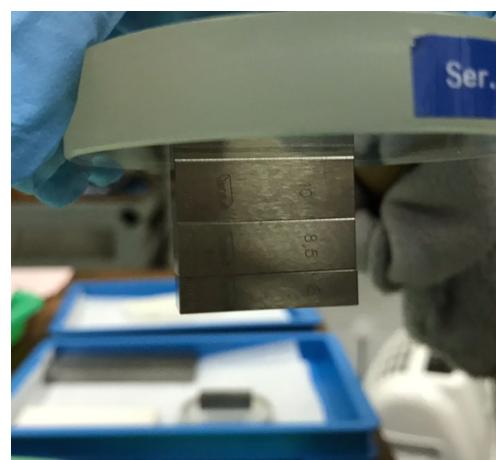
1. Tentukan kombinasi balok ukur yang akan digunakan dengan beberapa pertimbangan:
 - a. Gunakan balok ukur yang paling mungkin disusun untuk mendapatkan panjang nominal yang inginkan. Pilihlah sedikit mungkin kombinasi balok ukur yang akan diwringing untuk mendapatkan nominal panjang yang diinginkan. Semakin banyak jumlah balok ukur yang akan diwringing akan semakin tinggi tingkat kesulitan dalam melakukan *wringing*. Pilihkan gauge block dengan ketelitian micrometer (0,001 mm) terlebih dahulu, diikuti dengan kelipatan 0,01, 0,1, dan gauge block dengan satuan millimeter. Contoh : $26,235 \text{ mm} = (1,005 + 1,23 + 24) \text{ mm}$;

- b. Pilihlah balok ukur yang lebih tebal jika memungkinkan;
 - c. Pilihlah balok yang tebal yang memiliki digit tidak signifikan untuk memulai proses *wringing*, kemudian dilanjutkan ke balok dengan digit yang lebih signifikan. Contoh jika ingin membuat balok ukur dengan panjang 35,82 mm dari kombinasi 30 mm, 2 mm, 1,5 mm, 1,32 mm, dan 1,00 mm, maka proses wringing dimulai dari penempatan balok ukur 30 mm pada posisi paling bawah, kemudian 2 mm, berikutnya 1,5 mm; lalu 1,32 mm, dan yang terakhir balok ukur 1,00 mm pada posisi paling atas.
2. Bersihkan balok ukur (lihat Bagian 8).
 3. Cek balok ukur untuk melihat kondisi gerigi (*burr*). Pergunakan *optical flat* sebagai berikut:
 - a. Bersihkan permukaan ukur;
 - b. Secara perlahan, dekatkan optical flat sampai menyentuh permukaan ukur;
 - c. Secara perlahan geser optical flat pada permukaan ukur dan akan tampak frinji interferensi. Jika tidak tampak frinji interferensi, permukaan ukur balok ukur kemungkinan kotor atau *burr* yang sangat lebar;
 - d. tekan *optical flat* terhadap balok ukur dan frinji interferensi akan hilang. Jika frinji interferensi hilang, maka tidak ada *burr* pada permukaan ukur. Jika masih ada sedikit frinji interferensi, gerakkan optical flat maju mundur, jika frinji yang tertinggal terlihat pada lokasi yang sama pada muka ukur, artinya terdapat *burr* pada permukaan balok ukur. Jika frinji yang tertinggal pada lokasi yang sama pada optical flat, berarti ada *burr* pada optical flat;
 - e. Perlahan dekatkan kedua muka ukur balok ukur dan *wringing* seperti teknik pada gambar 4;
 - f. Jika wringing masih sulit dilakukan, oleskan sedikit vaselin atau cairan khusus pada muka ukur, ratakan sampai tidak terlihat bekasnya;
 - g. Ulangi langkah e;
 - h. Cek kualitas *wringing* dengan menggunakan optical flat (pada balok ukur yg paling tipis dari susunan *wringing*). Jika terlihat frinji yang tidak beraturan, artinya *wringing* belum berhasil sempurna;
 - i. Bersihkan muka ukur balok bagian atas dari balok yang telah tersusun, dan biarkan stabilisasi termal sebelum digunakan.

Gambar 4. Teknik *wringing*⁴

Tidak ada batasan berapa banyak maksimal susunan balok ukur, selama balok ukur dapat ter-*wringing* dengan baik. Melakukan *wringing* balok ukur dalam jumlah empat buah balok ukur atau lebih, jauh lebih sulit dibandingkan me-*wringing* dua atau tiga buah balok ukur. *Wringing* yang dimaksud bukan hanya sekedar menghimpitkan namun melekatkan balok ukur sedemikian baik sehingga susunan balok ukur tersebut tidak dapat terlepas dengan mudah oleh tangan. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengecek seberapa baik *wringing* yang dilakukan adalah.

1. Angkat susunan balok yang ter-*wringing* dan balikkan (gambar 5), jika ada balok ukur yang masih bergeser atau terlepas, maka *wringing* yang dibuat belum sempurna.



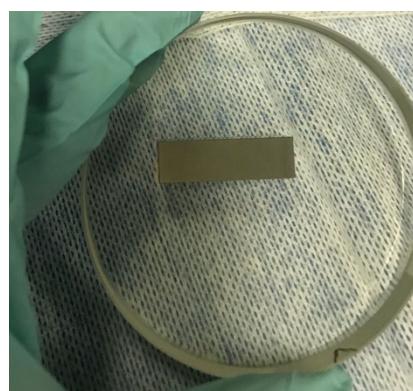
Gambar 5. Pengecekan wringing

⁴ Sumber Mitutoyo, Metrology Handbook

2. *Wringing* balok ukur pada optical flat, balikkan optical flat yang mana balok ukur sudah dalam keadaan *wringing*. Lihat permukaan balok ukur dari bawah optical flat, jika masih terlihat ada pelangi (frinji) atau spot udara yang terjebak (gambar 6.a), maka kualitas *wringing* yang dibuat belum sempurna. Dalam hal me-*wringing* balok ukur dengan balok ukur, kualitas *wringing* ini tidak dapat diamati secara fisik, namun jika personel sudah dapat me-*wringing* seperti kondisi yang sama seperti me-*wringing* balok ukur pada optical flat, maka kualitas *wringing* pada balok bukur dan balok ukur dapat dikatakan baik (gambar 6.b)



(a)



(b)

Gambar 6. Kualitas *wringing* balok ukur pada optical flat.

(a) wringing belum sempurna; (b) wringing sempurna

Pada beberapa penggunaan yang praktis, banyak laboratorium menggunakan alat bantu balok ukur (*holder*) untuk membuat kombinasi balok ukur tanpa melakukan wringing. Dalam hal ini laboratorium perlu memperhitungkan nilai estimasi ketidakpastian pengukuran akibat proses kombinasi ini dengan nilai yang besarnya lebih besar dari estimasi ketidakpastian wringing.

8. Penanganan dan perawatan balok ukur

8.1. Penanganan balok ukur

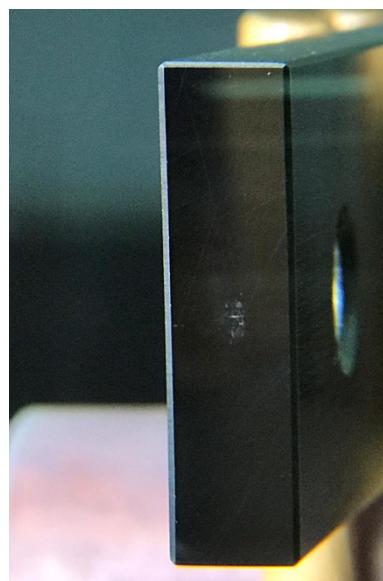
Penanganan balok ukur dengan benar akan membantu menjaga dalam kondisi balok ukur menjadi optimal. Penggunaan sarung tangan akan membantu menghindari:

- karatan (korosi) karena minyak dari tangan;
- muai panas karena panas dari tangan.

Beberapa jenis sarung tangan yang dapat digunakan untuk mencegah kontak langsung balok ukur dengan tangan diantaranya yang terbuat dari kulit *chamois*, lateks bebas-bedak, *vinyl*, karet dan katun.

Sebelum menggunakan balok ukur, periksa terlebih dahulu kondisi balok ukur apakah terjadi kerusakan atau tidak. Kerusakan yang umum terjadi pada balok ukur meliputi:

- bergerigi (*burr*), yang menyebabkan tepian balok ukur menjadi tidak halus/mulus, dapat terjadi karena adanya benturan saat mendorong tepi balok ukur. Atau dapat juga karena menjatuhkan atau mengetuk balok ukur dengan alat bantu yang tajam/keras. Balok ukur yang bergerigi dapat menghalangi proses *wringing* dan juga dapat merusak alat ukur lainnya, artefak yang sedang diukur, atau peralatan kalibrasi yang digunakan;
- goresan (*scratches*), dapat merusak balok pengukur lain dan menyebabkan pembacaan yang salah saat melakukan pengukuran;



Gambar 7. Contoh goresan pada balok ukur

- karat atau korosi dapat menghalangi proses *wringing* atau kontaminasi balok ukur lainnya di tempat penyimpanan (kotak);



Gambar 8. Karat pada balok ukur

- pecah (*chips*) di mana bagian tertentu dari balok ukur telah hilang/lepas karena benturan tetapi tanpa menyebabkan gerigi.

8.2. Perawatan balok ukur

8.2.1. Membersihkan balok ukur

Balok ukur harus selalu dibersihkan sebelum dan sesudah digunakan untuk menghilangkan debu, sidik jari atau penggunaan produk anti karat.

8.2.2. Metode pembersihan

Ada beberapa jenis kain pembersih yang banyak digunakan, antara lain kain dengan bebas serabut, *chamois*, dan tisu bebas serabut. Jenis kain lain yang halus dapat digunakan selama tidak menggores atau merusak balok ukur dan tidak meninggalkan bekas pada balok ukur.

Di samping itu, cairan seperti alcohol, pelarut isopropanol, etanol, dan aseton dapat digunakan untuk membersihkan balok ukur. Penggunaan aseton tidak disarankan penggunaan rutin pembersihan, hanya dalam kondisi tertentu dimana kotoran sulit dibersihkan dengan menggunakan alcohol ataupun etanol. Pastikan untuk menggunakan masker atau pelindung untuk menghindari cairan perbersih tersebut terhirup oleh hidung. Sebaiknya laboratorium memiliki ventilasi yang baik untuk memperkecil resiko bekerja dengan bahan dan cairan kimia.

Setelah balok ukur selesai dibersihkan, gunakan *air blower* untuk memastikan tidak ada serat kain yang tertinggal pada balok ukur.

Berikut ini proses membersihkan balok ukur, yaitu:

1. Bersihkan balok ukur dengan kain pembersih terlebih dahulu jika balok ukur dalam kondisi terlapis vaselin atau pelindung karat lainnya.
2. Tuangkan cairan pembersih pada kain pembersih.
3. Bersihkan balok ukur dengan kain pembersih yang sudah diberi cairan pembersih.
4. Selain membersihkan muka ukur, bersihkan pula seluruh badan balok ukur termasuk *chamfer* (pinggir balok ukur) untuk memastikan tidak ada kotoran yang masih melekat pada balok ukur.
5. Bersihkan kembali muka ukur balok ukur dengan kain halus dengan menggunakan kain pembersih yang masih bersih (kain tersebut tidak digunakan pada proses 1 sampai dengan 4 di atas).
6. Setelah proses pembersihan balok ukur selesai, letakkan balok ukur pada wadah yang bersih dan diamkan untuk stabilisasi thermal. Wadah tersebut sebaiknya dialasi kain atau tisu non serat. Susun balok ukur dalam wadah dalam posisi tidak terlalu dekat untuk menghindari bergesekan dengan balok ukur lainnya agar tidak tergores. Hindari menyentuh kembali muka ukur balok ukur (dapat menggunakan pinset).

Beberapa rekomendasi waktu yang dibutuhkan untuk stabilisasi termal pada balok ukur dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Tabel rekomendasi waktu stabilisasi termal untuk balok ukur

Ukuran balok ukur (mm)	Waktu stabilisasi (menit)
$0,5 \leq L \leq 10$	30
$10 \leq L \leq 25$	60
$25 \leq L \leq 100$	90

8.2.3. Pemolesan

Pemolesan (*polishing*) adalah salah satu teknik untuk membersihkan balok ukur yang telah mengalami karat ringan. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan karat dengan meminimalisasi kerusakan pada permukaan balok ukur. Teknik ini dilakukan dengan mencampurkan serbuk Ferit Oxide (Fe_2O_3) dan sedikit *acid free oil* (dapat berupa oil pelumas bening atau minyak zaitun) menjadi campuran yang tidak terlalu kental ataupun cair. Bersihkan balok ukur dari debu dengan menggunakan alkohol dan *air blower*. Oleskan campuran ferit oxide dan oil tersebut pada muka ukur balok ukur dan gosokkan campuran tersebut perlahan dengan menggunakan kain bersih dengan arah maju mundur, sampai balok ukur cukup bersih dan bagian karat menjadi halus. Teknik ini perlu kehati-hatian agar tidak merusak permukaan balok ukur. Gunakan sarung tangan dan alasi pakaian karena teknik polishing ini akan mengotori tangan dan sedikit pada pakaian.

Setelah pemolesan cukup dilakukan bersihkan balok ukur dengan mencucinya menggunakan alcohol kemudian dikeringkan dengan kain bersih. Ulangi proses ini sampai balok ukur benar-benar bersih. Pastikan champer maupun seluruh badan balok ukur bersih tidak menyisakan campuran ferit oxide.

Gambar 9. Proses *polishing*

8.2.4. *Lapping*

Pada proses kalibrasi balok ukur dengan metode interferometri, teknik *lapping* ini digunakan setelah melalui proses *polishing*. Kebanyakan laboratorium kalibrasi yang menggunakan

metode komparasi untuk kalibrasi balok ukur; menggunakan teknik ini tanpa melalui proses lapping untuk membersihkan karat pada balok ukur. Pada beberapa literatur, teknik ini juga dikenal sebagai proses *deburring*.

Teknik ini dilakukan dengan menggosokkan balok ukur ke permukaan batu pemoles (*gauge block stone*) yang terbuat dari granit hitam atau *sintered aluminium oxide* atau *serrated aluminium oxide* atau *cerastone (Arkansas stone)*. Tabel penggunaan batu pemoles yang tepat untuk beberapa material balok ukur dapat terlihat pada tabel 5.

Tabel 5. Tabel rekomendasi penggunaan jenis batu pemoles pada balok ukur

Material batu pemoles	Material balok ukur
Granit hitam	Baja
<i>Sintered aluminium oxide</i>	Baja, Keramik, Tungsten karbida
<i>Serrated aluminium oxide</i>	Tungsten carbide, keramik
<i>Cerastone (Arkansas stone)</i>	Baja, Keramik

Teknik *lapping* perlu kehati-hatian karena dapat menyebabkan balok ukur tergores atau cacat.

Langkah yang dilakukan dalam melakukan lapping ini adalah:

1. Pilih batu pemoles yang tepat. Beberapa manufaktur balok ukur memberikan batu pemoles dalam perangkat aksesoris balok ukur. Sebelum digunakan, cek terlebih dahulu muka ukur batu pemoles, apakah cukup rata atau tidak. Jika permukaan batu pemoles sedikit melengkung, akan menyebabkan balok ukur tergores dan cacat saat dilakukan proses *lapping*. Gunakan batu pemoles dengan jenis yang sesuai dengan material balok ukur.



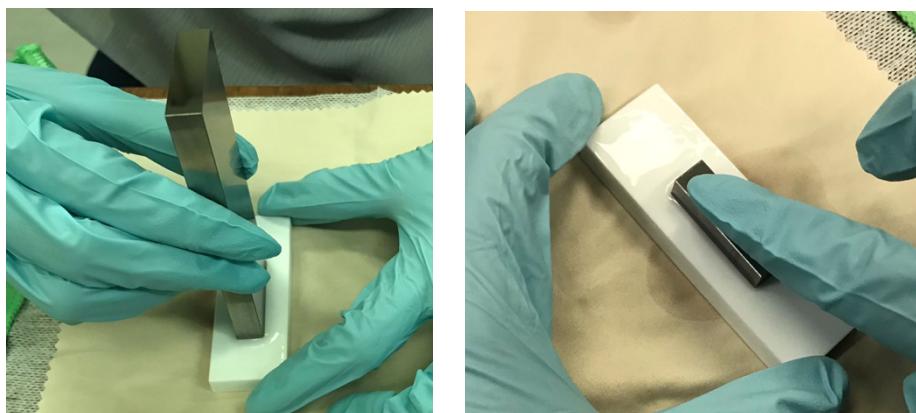
Gambar 10. Jenis batu pemoles balok ukur⁵

2. Bersihkan batu pemoles dengan menggunakan alkohol atau etanol, keringkan dengan kain pembersih dan tiupkan *air blower* pada batu pemoles untuk menghilangkan debu

⁵ Sumber Katalog Starret

atau serat kain. Bersihkan juga balok ukur dari kotoran, debu dan serat kain dengan cara yang sama.

3. Tuangkan sedikit alkohol atau etanol ke permukaan batu pemoles, letakkan balok ukur di atas permukaan batu oles yang telah diberi sedikit alkohol atau etanol tersebut. Gosokkan perlahan muka ukur balok ukur dengan tangan dengan arah maju mundur. Jika pada muka balok ukur terdapat karat, pelaksana yang melakukan proses *lapping* dapat merasakan butiran halus di antara balok ukur dan batu pemoles. Jika demikian, hentikan sesaat, angkat balok ukur dan keringkan batu pemoles. Jangan lanjutkan proses lapping karena butiran halus tersebut akan merusak balok ukur. Kemudian tuangkan kembali sedikit alcohol atau etanol di permukaan batu pemoles, lalu gosokkan kembali balok ukur di atasnya. Demikian seterusnya sampai gerakan balok ukur pada permukaan batu pemoles cukup halus dan tidak lagi kesat.
4. Setelah proses lapping selesai, bersihkan balok ukur dengan kain yang kering dan bersih.



Gambar 11. Proses *lapping*

9 Penyimpanan balok ukur

Setelah balok ukur digunakan, balok ukur dapat dikembalikan ke wadah penyimpanan. Untuk balok ukur yang akan digunakan lagi dalam waktu jangka pendek, tempatkan balok ukur pada wadah dan beri pelindung agar bebas dari debu. Balok ukur dalam wadah tersebut dapat ditempatkan pada lemari khusus yang kondisi temperatur dan kelembabannya terjaga seperti *dry cabinet*. Jika penggunaan berikutnya dalam waktu yang lama, balok ukur dapat ditempatkan pada kotak kayu.

Untuk balok ukur baja dan tungsten karbida, sebelum dimasukkan ke dalam kotak kayu, lapisi balok ukur dengan *liquid* pencegah karat atau olesi balok ukur dengan *grease* seperti vaselin tipis untuk menghindari karat jika disimpan dalam jangka waktu yang lama. Hal lain yang juga dapat dilakukan adalah membungkus balok ukur tersebut dengan kertas *non-corrosive* sebelum dimasukkan dalam kotak kayu untuk mencegah kerusakan pada balok ukur. Tempatkan balok ukur sesuai dengan identitas dan panjang nominal yang sama yang tertera pada kotak penyimpanan kayu tersebut.

Dalam kurun waktu tertentu, keluarkan balok ukur dari kotak untuk memastikan kondisi balok ukur masih baik dan tidak berkarat.

9.1. Suhu dan kelembapan

Balok ukur dapat berubah panjangnya karena adanya perubahan suhu, dan jumlah perubahan panjang tergantung pada bahan pembuatannya.

Koefisien muai panas suatu bahan adalah perubahan yang terjadi pada suatu panjang benda ketika memuai dalam untuk perubahan suhu per satu Kelvin atau satu derajat Celsius. Nilai ini telah ditetapkan dan dapat ditemukan di dalam kotak set balok ukur. Sebagai contoh, koefisien muai panas untuk baja adalah $11,5 \times 10^{-6} /{^\circ}\text{C}$ atau $11,5 \times 10^{-6} /{\text{K}}$, artinya pada sebuah benda baja sepanjang 1 m akan memuai atau menyusut panjangnya sekitar 11 μm untuk setiap perubahan temperatur 1 $^{\circ}\text{C}$ atau 1 K.

Beberapa nilai koefisien panas dapat dilihat pada tabel di bagian 5.3.2. Balok ukur untuk jenis material yang sama namun berbeda manufaktur, dapat memiliki nilai koefisien yang berbeda pula meskipun perbedaannya tidak ekstrim.

Jika balok ukur dengan panjang nominal 100 mm, memiliki koefisien muai panas $11,5 \times 10^{-6} /{^\circ}\text{C}$ dan perbedaan temperatur 0,5 $^{\circ}\text{C}$ terhadap 20 $^{\circ}\text{C}$, akan menyebabkan perubahan panjang sebesar 0,6 μm .

Balok ukur sebaiknya di ruangan dengan suhu terkontrol yaitu $20 ^{\circ}\text{C} \pm 1 ^{\circ}\text{C}$ dengan kelembapan relatif (RH) di bawah 65%, untuk mencegah terjadinya karat pada balok ukur.

10 Tips membeli balok ukur

10.1. Kombinasi nominal balok ukur

Pada umumnya balok ukur yang tersedia di manufaktur dapat berupa satuan maupun dalam bentuk satu set yang terdiri dari beberapa buah kombinasi panjang nominal. Sebagai contoh untuk satu set balok ukur ukuran 0,5 mm ~ 100 mm yang berisi 122 buah, terdiri atas kombinasi nominal.

Tabel 6. Kombinasi nominal set balok ukur

Jumlah balok ukur per set	Panjang nominal (mm)	Pertambahan panjang nominal balok ukur	Jumlah (buah)
122	1,0005		1
	1,001 – 1,009 (1,001; 1,002; 1,003; ...; 1,009)	0,001	9
	1,01 – 1,49 (1,01; 1,02; 1,03; ...; 1,49)	0,01	49
	1,6 – 1,9 (1,6; 1,7; 1,8; 1,9)	0,1	4
	0,5 – 24,5 (0,5; 1,0; 1,5; ...; 24,5)	0,5	49
	30 – 100 (20; 40; 50; ...; 100)	10	8
	25, 75		2
			122

Selain itu juga terdapat balok ukur untuk keperluan khusus seperti untuk kalibrasi mikrometer dan *gauge block comparator* yang tersedia dengan panjang nominal tertentu dalam satu set.

Pengguna balok ukur harus memahami spesifikasi pengukuran yang dilakukannya, sehingga dapat menentukan standar balok ukur yang tepat sesuai dengan kebutuhannya, baik kelas (grade), material, dan jumlah balok ukur per set; apakah harus grade K, grade 0, 1, atau 2, dan juga 1 set yang berisi 122 buah ataupun hanya 1 set yang berisi 10 buah balok ukur, atau hanya ukuran nominal tertentu saja sehingga tidak diperlukan pembelian sebanyak 1 set.

10.2. Inch dan metrik

Untuk memenuhi kebutuhan pengukuran tertentu balok ukur tersedia dalam satuan metrik (mm) dan juga satuan inch. Hal ini tidak terlepas dari sejarah pada masa lalu ketika unit panjang untuk penggunaan secara umum di bidang *precision engineering* adalah inch sedangkan di sistem pengukuran dan timbangan kerajaan Inggris dan juga pada benua lain adalah millimeter pada sistem metrik. Panjang balok ukur 1 inch sama dengan balok ukur 25,4 mm. Ukuran inch banyak dipakai, karena digunakan di Amerika Serikat sedangkan ekonomi Amerika Serikat termasuk yang terbesar di dunia sehingga banyak produk dengan sistem ukuran inch yang beredar di mana-mana.

10.3. Ukuran khusus

Selain balok ukur yang muka ukurannya berukuran persegi panjang seperti pada Tabel 1 di atas, terdapat pula balok ukur yang berukuran persegi yang sering disebut *square block* atau *Hoke blocks* yang dibuat berdasarkan desain dari American Hoke, biasanya digunakan sebagai standar bagi otomotif dan industri penerbangan di Amerika Serikat ataupun secara khusus di Inggris.



Gambar 12. Balok ukur hoke⁶

Balok ukur persegi pada umumnya memiliki satuan inch dengan bentuk berlubang ditengahnya, sehingga titik acuan pengukuran balok ukur persegi yaitu berada pada salah satu bagian yang tidak berlubang di posisi tengah bagian tersebut.

10.4. Alat bantu/asesoris

Pada umumnya manufaktur balok ukur menyediakan alat bantu/asesoris balok ukur untuk memudahkan penggunaan balok ukur dengan cepat di industri, bagian inspeksi, dan juga workshop mekanik. Alat bantu/asesoris ini dapat berupa *optical flat*, kit pembersih, clamp balok ukur, holder, jaws, dan lainnya.



Gambar 13. Aksesoris balok ukur⁷

⁶ Sumber Mitutoyo, Metrology Handbook

⁷ Sumber Katalog KOBA

Bibliografi

- ISO 3650:1998, *Geometrical Product Specifications (GPS) - Length standards - Gauge blocks.*
- NPL Good Practice Guide No. 149, *Care and Use of Gauge Blocks.*
- NIST, *The Gauge Block Handbook.*
- NPL, *A Course on Gauge Measurement by Interferometry.*
- Mitutoyo, *Metrology Handbook.*
- KOBA, *Gauge and Accessories*, Catalog No.1000/E/01/2012
- Starret, e-catalog