

# RSNI3

RSNI3 ISO 10791-7:2020  
(Ditetapkan oleh BSN tahun 202x)

Rancangan Standar Nasional Indonesia 3

---

## Kondisi uji untuk *machining centres* – Bagian 7: Akurasi benda uji

(ISO 10791- 7: 2020, IDT)



## Daftar isi

Daftar isi .....	i
Prakata .....	ii
Pendahuluan .....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi .....	1
4 Pernyataan awal .....	4
4.1 Satuan pengukuran.....	4
4.2 Acuan ISO 230-1.....	5
4.3 Urutan pengujian.....	5
4.4 Pengujian yang dilakukan .....	5
4.5 Instrumen pengukuran .....	5
4.6 Lokasi benda uji.....	5
4.7 Pemasangan benda uji.....	5
4.8 Material benda uji, pahat, dan parameter pemotongan.....	6
4.9 Ukuran benda uji.....	6
4.10 Tipe benda uji .....	6
4.11 Informasi yang dicatat .....	7
4.12 Perangkat lunak pengompensasi ( <i>Software compensation</i> ) .....	7
5. Uji pemesinan .....	8
Lampiran A (informatif) Akurasi benda uji potong tidak beraturan ( <i>freeform</i> )(M5) .....	32

## Prakata

SNI ISO 10791-7:2020, *Kondisi uji untuk machining centres – Bagian 7: Akurasi benda uji* merupakan revisi dari SNI ISO 10791-7:2014, *Kondisi uji untuk machining centres – Bagian ke 7: Akurasi benda uji (finished test pieces)*. Standar ini disusun dengan jalur adopsi tingkat keselarasan identik dari ISO 10791-7:2020, *Test conditions for machining centres - Part 7: Accuracy of finished test pieces*, dengan metode adopsi terjemahan satu bahasa dan ditetapkan oleh BSN tahun 202x.

ISO 10791 *Test conditions for machining centres*, ini merupakan standar berseri yang terdiri dari bagian — bagian berikut:

- Bagian 1: Uji geometrik untuk mesin dengan *spindle* pemegang benda kerja horizontal dan dengan *accessory heads* (Sumbu Z horizontal).
- Bagian 2: Uji geometrik untuk mesin dengan *spindle* atau *universal heads* dengan *vertical primary rotary axis* (Sumbu Z vertikal).
- Bagian 3: Uji geometrik untuk mesin dengan *integral indexable* atau *continous universal heads* (Sumbu Z vertikal).
- Bagian 4: Akurasi dan pengulangan dari pemosisian sumbu linear dan sumbu putar.
- Bagian 5: Akurasi dan pengulangan dari pemosisian palet pemegang benda kerja.
- Bagian 6: Akurasi kecepatan potong dan interpolasi.
- Bagian 7: Akurasi benda uji.
- Bagian 8: Evaluasi kinerja kontur pada 3 bidang koordinat.
- Bagian 9: Evaluasi dari waktu operasi dari *tool change* dan *pallet change*.
- Bagian 10: Evaluasi distorsi termal.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 25-01 Sistem Otomasi Industri. Standar ini telah dibahas melalui rapat teknis dan terakhir disepakati dalam rapat konsensus pada tanggal 19 Maret 2024 di Jakarta, yang dihadiri oleh para pemangku kepentingan (*stakeholders*) terkait yaitu perwakilan dari pemerintah, pelaku usaha, konsumen, dan pakar. Standar ini telah melalui tahap jajak pendapat pada tanggal 26 April 2024 sampai dengan 10 Mei 2024 dengan hasil akhir disetujui menjadi SNI.

Apabila pengguna menemukan keraguan dalam Standar ini, maka disarankan untuk melihat standar aslinya yaitu ISO 10791-7:2020, dan/atau dokumen terkait lain yang menyertainya.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari Standar ini dapat berupa Hak Kekayaan Intelektual (HAKI). Namun selama proses perumusan SNI, Badan Standardisasi Nasional telah memperhatikan penyelesaian terhadap kemungkinan adanya HAKI terkait substansi SNI. Apabila setelah penetapan SNI masih terdapat permasalahan terkait HAKI, Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab mengenai bukti, validitas, dan ruang lingkup dari HAKI tersebut.

## Pendahuluan

*Machining centres* adalah mesin perkakas yang dikontrol secara numerik yang mampu melakukan beberapa operasi pemesinan, termasuk *milling*, *boring*, *drilling* dan *tapping*, serta *automatic tool changing* dari *magazine* atau unit penyimpan yang sesuai dengan pemrograman proses pemesinan. Sebagian besar *machining centres* memiliki fasilitas untuk mengubah arah secara otomatis dimana benda kerja diletakkan pada pahat.

Standar ini menyediakan informasi seluas dan sekomprensif mungkin pada pengujian dan pengecekan yang dapat digunakan untuk perbandingan, penerimaan, pemeliharaan dan tujuan lain.

Organisasi Internasional untuk Standardisasi (International Organization for Standardization atau ISO) menarik perhatian pada fakta yang diklaimnya bahwa kepatuhan terhadap dokumen ini mungkin melibatkan penggunaan paten.

ISO tidak mengambil posisi apapun mengenai bukti, keabsahan dan ruang lingkup hak paten ini.

Pemegang hak paten ini telah meyakinkan ISO bahwa mereka bersedia untuk menegosiasikan lisensi berdasarkan syarat dan ketentuan yang wajar dan tidak diskriminatif dengan pelamar di seluruh dunia. Dalam hal ini, pernyataan pemegang hak paten ini telah terdaftar di ISO. Informasi mungkin diperoleh dari basis data paten yang tersedia di [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents).

Perhatian tertuju pada kemungkinan bahwa beberapa elemen dokumen ini mungkin menjadi subjeknya hak paten selain yang ada dalam basis data paten. ISO tidak bertanggung jawab atas identifikasi salah satu atau seluruh hak paten tersebut.



## Kondisi uji untuk machining centres – Bagian 7: Akurasi benda uji

### 1 Ruang lingkup

Dokumen ini menetapkan, dengan mengacu pada bagian yang relevan dari ISO 230, beberapa rangkaian pengujian untuk *machining centres* dengan *spindle* horizontal atau vertikal atau dengan *universal heads* dari berbagai jenis, berdiri sendiri, atau terintegrasi dalam sistem manufaktur fleksibel. Dokumen ini juga menetapkan toleransi atau nilai maksimum yang dapat diterima untuk hasil pengujian yang sesuai dengan *machining centres* untuk pemakaian umum dan akurasi normal.

Dokumen ini juga berlaku, seluruhnya atau sebagian, untuk mesin *milling* dan *boring* yang dikontrol secara numerik, bila konfigurasi, komponen, dan pergerakannya kompatibel dengan pengujian yang dijelaskan di sini.

Dokumen ini menetapkan benda uji standar dengan mengacu pada ISO 230-1, pengujian pemotongan dalam kondisi penyelesaian. Ini juga menentukan karakteristik dan dimensi benda uji itu sendiri. Dokumen ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan minimum untuk menilai keakuratan pemotongan *machining centres* dengan 3 hingga 5 sumbu pemesinan simultan. Lampiran A memperkenalkan benda uji bentuk bebas untuk *machining centres* lima sumbu. Uji pemesinan ini diterapkan pada *machining centres* menggunakan *flank milling* lima sumbu pada permukaan bentuk bebas.

### 2 Acuan normatif

Dokumen acuan berikut sangat diperlukan untuk penerapan dokumen ini. Untuk acuan tidak bertanggung, berlaku edisi terakhir dari dokumen acuan tersebut (termasuk seluruh perubahan/amendemennya).

ISO 230-1, *Test code for machine tools — Part 1: Geometric accuracy of machines operating under no-load or quasi-static conditions*

### 3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan dokumen ini, berlaku ketentuan yang diberikan dalam ISO 230-1 dan berikut ini. ISO dan IEC memelihara basis data terminologis untuk digunakan dalam standardisasi di alamat berikut:

- Platform penelusuran ISO Online: tersedia pada <https://www.iso.org/obp>
- Elektropedia IEC: tersedia pada <https://www.electropedia.org/>

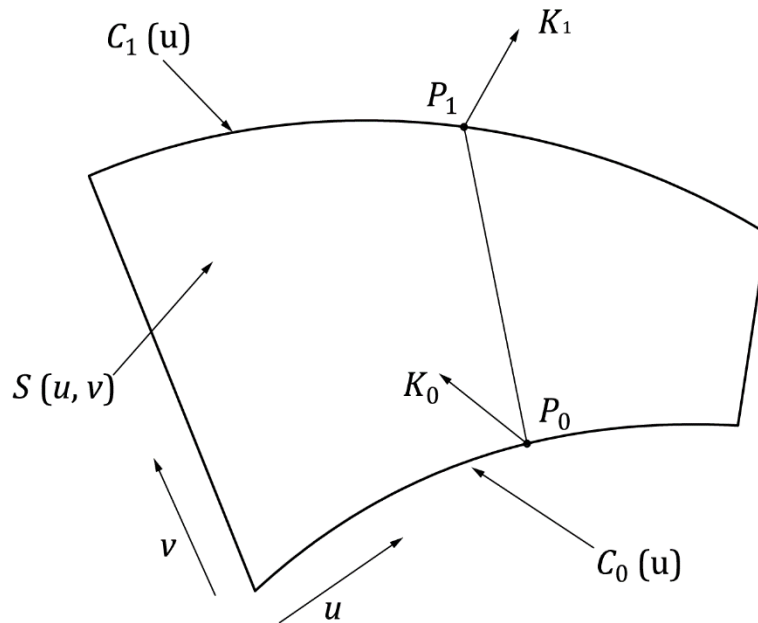
#### 3.1

##### ***ruled surface***

permukaan yang mengandung sekelompok garis lurus

Catatan 1 untuk entri: *Ruled surface* ditunjukkan pada Gambar 1, di mana setiap garis isoparametrik (konstanta parameter  $u$ ) adalah garis lurus, yang disebut *rule*. Persamaan parametrik untuk permukaan bergaris pada Gambar 1 diberikan dalam Rumus (1) :

$$S(u, v) = (1 - v) \times C_0(u) + v \times C_1(u) [u \in (0, 1), v \in (0, 1)] \tag{1}$$



**Keterangan:**

- $u, v$  parameter dalam arah  $u$  dan arah  $v$
- $C_0(u), C_1(u)$  kurva dalam kedua ruangnya didefinisikan pada interval parametrik yang sama  $u(0,1)$
- $S(u, v)$  permukaan yang dihasilkan oleh pergerakan suatu *rule* yang bergerak pada dua kurva  $C_0(u)$  dan  $C_1(u)$  yang memberikan arahnya
- $P_0, P_1$  dua titik akhir suatu garis
- $K_0, K_1$  vektor normal ke  $S(u, v)$  di  $P_0$  dan  $P_1$

**Gambar 1 – Ruled surface**

**3.2**

**B-spline rasional yang tidak seragam  
NURBS**

model matematika yang biasa digunakan dalam grafik komputer untuk menghasilkan dan merepresentasikan kurva dan permukaan.

Catatan 1 untuk entri: Kurva NURBS ditentukan oleh urutannya, sekumpulan titik kontrol terbobot, dan vektor simpul (*knot vector*). Urutan tersebut menentukan jumlah titik kontrol terdekat yang mempengaruhi titik tertentu pada kurva. Titik kontrol menentukan bentuk kurva, dan bobot setiap titik bervariasi menurut parameter yang mengatur. Vektor simpul adalah urutan nilai parameter yang menentukan di mana dan bagaimana titik kontrol mempengaruhi kurva NURBS.

Catatan 2 untuk entri: NURBS umumnya digunakan dalam *computer aided design*, manufaktur, dan teknik dan merupakan bagian dari berbagai standar industri, seperti STEP (*Standard for the Exchange of Product Model Data*) (Standar untuk Pertukaran Data Model Produk), lihat ISO 10303-21).



### 3.3

#### **quasi-uniform rational B-spline**

tipe khusus dari *non-uniform rational B-spline*

Catatan 1 untuk entri: Untuk *quasi-uniform rational B-spline* orde ke- $n$ , bobot semua titik kontrol adalah sama, dan vektor simpul terdistribusi secara merata dengan beragam  $n$  pada awal dan akhir. Misal banyaknya titik kontrol adalah  $m$ , maka vektor simpulnya sesuai Rumus (2) :

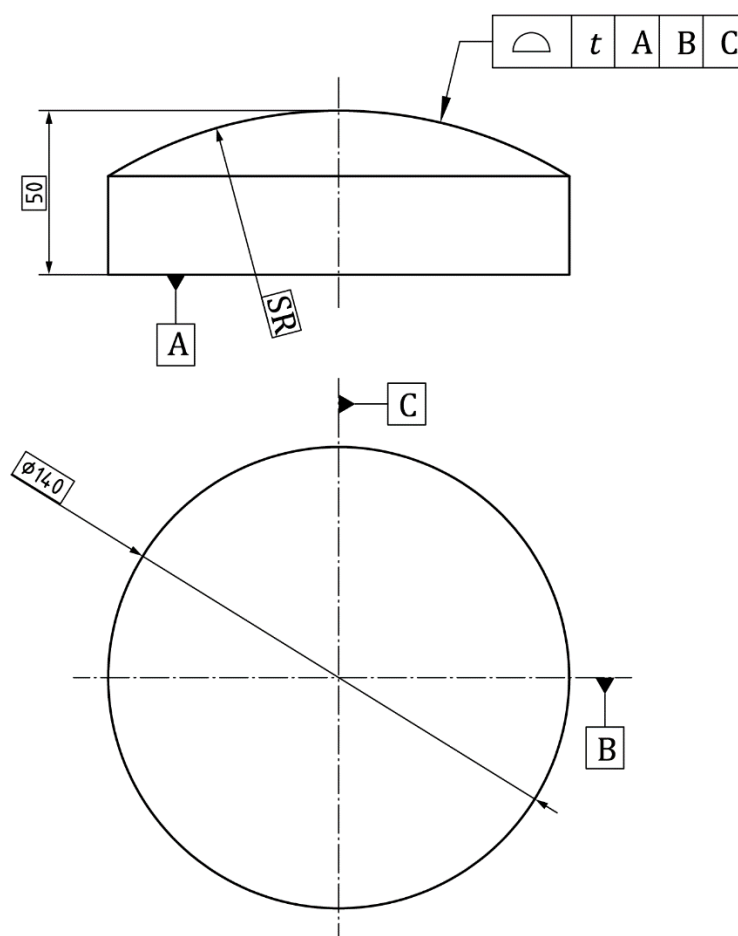
$$\left( \underbrace{0, 0, \dots, 0}_n, \frac{1}{m-n-1}, \frac{2}{m-n-1}, \dots, \frac{m-n-2}{m-n-1}, \underbrace{1, 1, \dots, 1}_n \right) \quad (2)$$

### 3.4

#### **toleransi profil permukaan terkait dengan datum**

zona toleransi yang ditentukan oleh dua permukaan yang menyelubungi bola dengan diameter  $t$ , yang pusat-pusatnya terletak pada permukaan yang mempunyai bentuk geometris yang secara teoritis tepat terhadap datum

Catatan 1 untuk entri: Lihat Gambar 2, Gambar 3 dan ISO 1101:2017, 17.9.



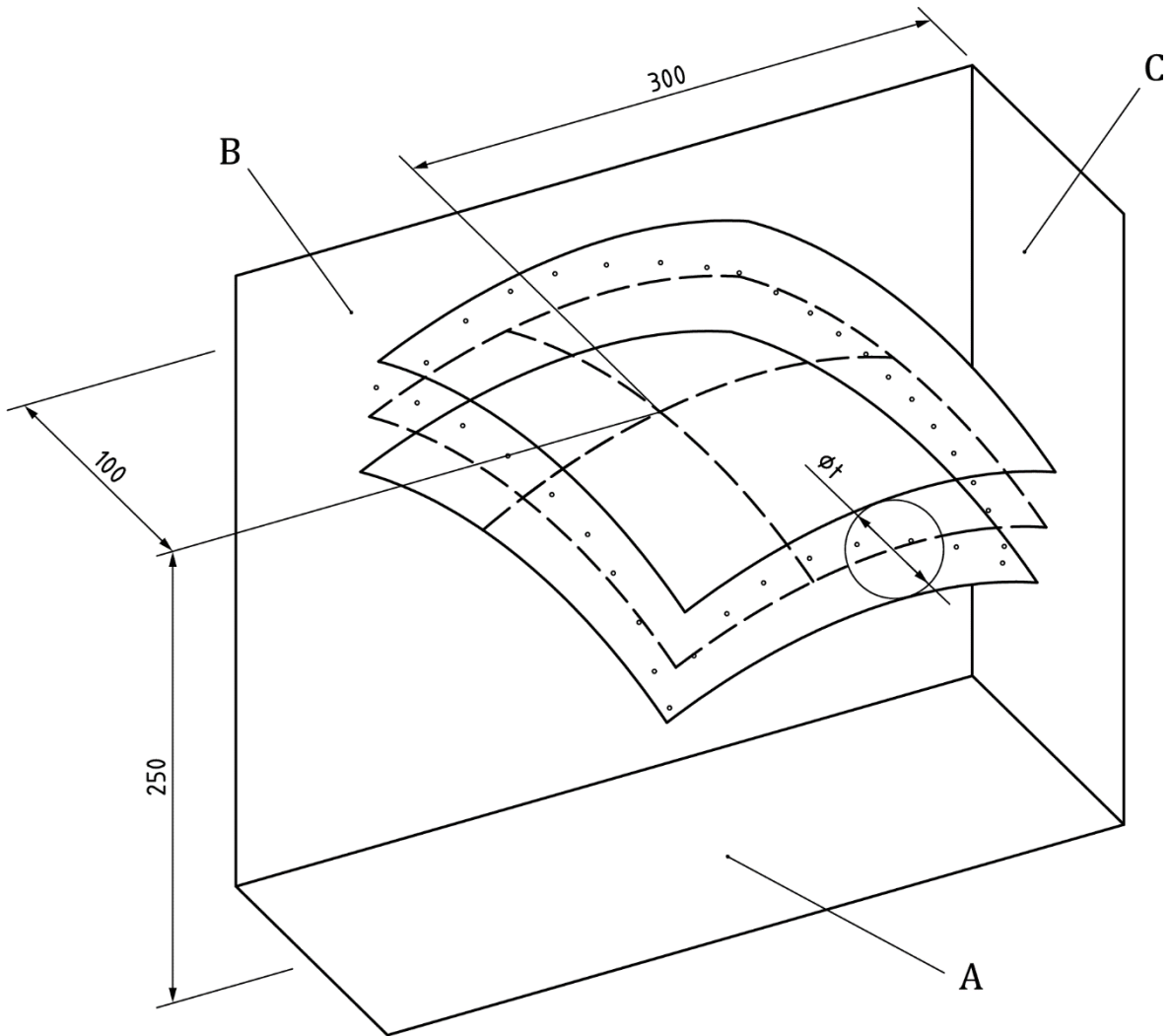
#### **Keterangan:**

A, B, C Bidang datum

SR radius nominal bola (*sphere*)

$t$  toleransi

**Gambar 2 — Indikasi dan penjelasan toleransi profil permukaan terkait datum A, B, C**



**Keterangan:**

- A, B, C Bidang datum
- $\phi t$  zona toleransi (diameter bola yang melingkupi)

**Gambar 3 — Zona toleransi profil permukaan terkait dengan datum A, B, C**

**4 Pernyataan awal**

**4.1 Satuan pengukuran**

Dalam dokumen ini, semua dimensi linier dan deviasi dinyatakan dalam milimeter. Semua dimensi sudut dinyatakan dalam derajat. Deviasi sudut, pada prinsipnya, dinyatakan dalam rasio (misalnya 0,00x /1.000), namun dalam beberapa kasus, *microradians* atau *arcseconds* dapat digunakan untuk tujuan klarifikasi. Rumus (3) sebaiknya digunakan untuk konversi deviasi atau toleransi sudut:

$$0,010/1.000=10 \mu\text{rad} \approx 2'' \tag{3}$$

## 4.2 Acuan ISO 230-1

Untuk menerapkan dokumen ini, acuan harus dibuat pada ISO 230-1, khususnya untuk pemasangan mesin sebelum pengujian, pemanasan mesin, deskripsi metode pengukuran, dan evaluasi serta presentasi hasil.

## 4.3 Urutan pengujian

Urutan pengujian yang disajikan dalam dokumen ini tidak menentukan urutan pengujian praktis. Untuk mempermudah pemasangan perlengkapan dan pemesinan, pengujian dapat dilakukan dalam urutan apapun.

## 4.4 Pengujian yang dilakukan

Saat menguji mesin perkakas, tidak selalu diperlukan atau memungkinkan untuk melakukan semua pengujian yang dijelaskan dalam dokumen ini. Apabila pengujian diperlukan untuk tujuan keberterimaan (*acceptance purposes*), pengguna bebas memilih, dengan persetujuan bersama dengan pabrikan/pemasok, pengujian yang berkaitan dengan komponen dan/atau sifat mesin perkakas yang diinginkan. Pengujian ini harus dinyatakan dengan jelas saat memesan mesin perkakas. Acuan hanya terhadap dokumen ini untuk pengujian keberterimaan (*acceptance*) tidak dapat dianggap mengikat bagi pihak mana pun dalam kontrak tanpa menentukan pengujian yang akan dilakukan dan tanpa kesepakatan bersama mengenai biaya terkait.

Pada prinsipnya, tidak lebih dari satu bagian dari setiap jenis sebaiknya dikerjakan untuk tujuan keberterimaan. Jika terdapat persyaratan khusus, seperti penilaian statistik kinerja mesin perkakas (misalnya menurut ISO 26303, kemampuan jangka pendek), pemesinan lebih banyak benda uji harus disepakati antara produsen/pemasok dan pengguna.

## 4.5 Instrumen pengukuran

Instrumen pengukuran yang ditunjukkan dalam pengujian yang diuraikan dalam Pasal 4 hanyalah contoh saja. Instrumen lain yang mengukur besaran yang sama dan mempunyai ketidakpastian pengukuran yang sama atau lebih kecil dapat digunakan.

## 4.6 Lokasi benda uji

Benda uji sebaiknya ditempatkan kira-kira di tengah sumbu X, dan pada posisi sepanjang sumbu Y dan Z yang sesuai dengan lokasi benda uji dan/atau pencekam (*fixture*), dan untuk panjang pahat jika tidak ditentukan lain dalam prosedur uji.

## 4.7 Pemasangan benda uji

Benda uji harus dipasang dengan benar pada *fixture* yang sesuai, sehingga stabilitas maksimum pahat dan *fixture* dapat tercapai. Permukaan *mounting* pada *fixture* dan benda uji harus rata. Direkomendasikan agar perlengkapan yang sesuai digunakan untuk memungkinkan penerobosan pahat dan pemesinan panjang penuh lubang tengah (*full length machining of a centre hole*), sebagai contoh. Disarankan juga untuk memasang benda uji pada *fixture* dengan sekrup *countersink/counterbored* sehingga pemesinan selanjutnya tidak mengganggu sekrup. Metode lain dimungkinkan dan dapat dipilih. Ketinggian keseluruhan benda uji tergantung pada metode pemasangan yang dipilih.

#### 4.8 Material benda uji, pahat, dan parameter pemotongan

Material benda uji, pahat, dan parameter pemotongan berikutnya mengikuti pada kesepakatan bersama antara pabrikan/pemasok dan pengguna dan harus tercatat. Parameter yang diberikan dalam uji pemotongan hanya untuk saran. Material benda uji harus ditentukan.

#### 4.9 Ukuran benda uji

Jika benda uji berasal dari uji pemotongan sebelumnya dan dapat digunakan kembali, dimensi karakteristiknya harus tetap dalam  $\pm 10\%$  dari yang ditunjukkan dalam dokumen ini. Bila benda uji digunakan kembali, pemotongan tipis harus dibuat untuk membersihkan seluruh permukaan sebelum penyelesaian uji pemotongan yang baru dilakukan.

Disarankan juga agar tipe dan nomor seri mesin perkakas, tanggal pengujian, dan nama serta orientasi sumbu ditandai pada benda uji.

Pemotongan awal harus dilakukan untuk membuat kedalaman pemotongan sekonstan mungkin.

Ukuran nominal benda uji dapat dimodifikasi berdasarkan kesepakatan bersama antara produsen/pemasok dan pengguna. Ukuran pahat dan kondisi pemesinan lainnya juga dapat dimodifikasi

#### 4.10 Tipe benda uji

Dalam dokumen ini, lima jenis benda uji dipertimbangkan, beberapa di antaranya dalam dua atau tiga ukuran. Tipe, ukuran, dan peruntukan yang sesuai dari benda uji tertentu ditunjukkan pada Tabel 1. Di antara tipe ini, M1 dan M2 berlaku untuk *machining centres* dengan 3, 4, dan 5 sumbu. M3 dan M5 hanya berlaku untuk *machining centres* 5 sumbu. M4 berlaku untuk *machining centres* 4 dan 5 sumbu.

Tabel 1 — Tipe, ukuran, dan peruntukan benda uji

Dimensi dalam milimeter

Tipe	Ukuran nominal	Penamaan
M1 Benda uji pemosisian dan pembentukan kontur	80 160 320	Benda uji ISO 10791-7, M1_80 Benda uji ISO 10791-7, M1_160 Benda uji ISO 10791-7, M1_320
M2 Benda uji <i>face milling</i>	80 160	Benda uji ISO 10791-7, M2_80 Benda uji ISO 10791-7, M2_160
M3 Benda uji <i>cone frustum</i>	15 <sup>a</sup> 45 <sup>a</sup>	Benda uji ISO 10791-7, M3_15 Benda uji ISO 10791-7, M3_45
M4 Benda uji persegi tiga tingkat ( <i>three-step square</i> )	80 160 320	Benda uji ISO 10791-7, M4_80 Benda uji ISO 10791-7, M4_160 Benda uji ISO 10791-7, M4_320
M5 Benda uji tidak beraturan ( <i>freeform</i> )	—	Benda uji ISO 10791-7, M5

<sup>a</sup> Setengah sudut puncak dari benda uji, dalam derajat.

#### 4.11 Informasi yang dicatat

Untuk pengujian yang dilakukan sesuai dengan persyaratan dokumen ini, informasi berikut harus dikumpulkan selengkap mungkin dan disertakan dalam laporan pengujian:

- material dan tujuan benda uji;
- material, dimensi, lapisan (*coating*), dan jumlah mata potong pahat yang digunakan;
- kecepatan potong;
- kecepatan makan;
- kedalaman potong;
- kondisi pemotongan lainnya, misalnya cairan pendingin (*cutting fluid*);
- posisi dan orientasi benda kerja (*workpiece*) di dalam ruang kerja (*work space*);
- arah pemotongan (jika diaplikasikan).

#### 4.12 Kompensasi perangkat lunak (*Software compensation*)

Ketika fasilitas perangkat lunak tersedia untuk mengompensasi beberapa kesalahan geometrik, berdasarkan kesepakatan bersama antara produsen/pemasok dan pengguna, pengujian yang relevan dapat dilakukan dengan kompensasi tersebut. Ketika kompensasi perangkat lunak digunakan, hal ini harus dinyatakan dalam laporan pengujian.

5. Uji pemesinan

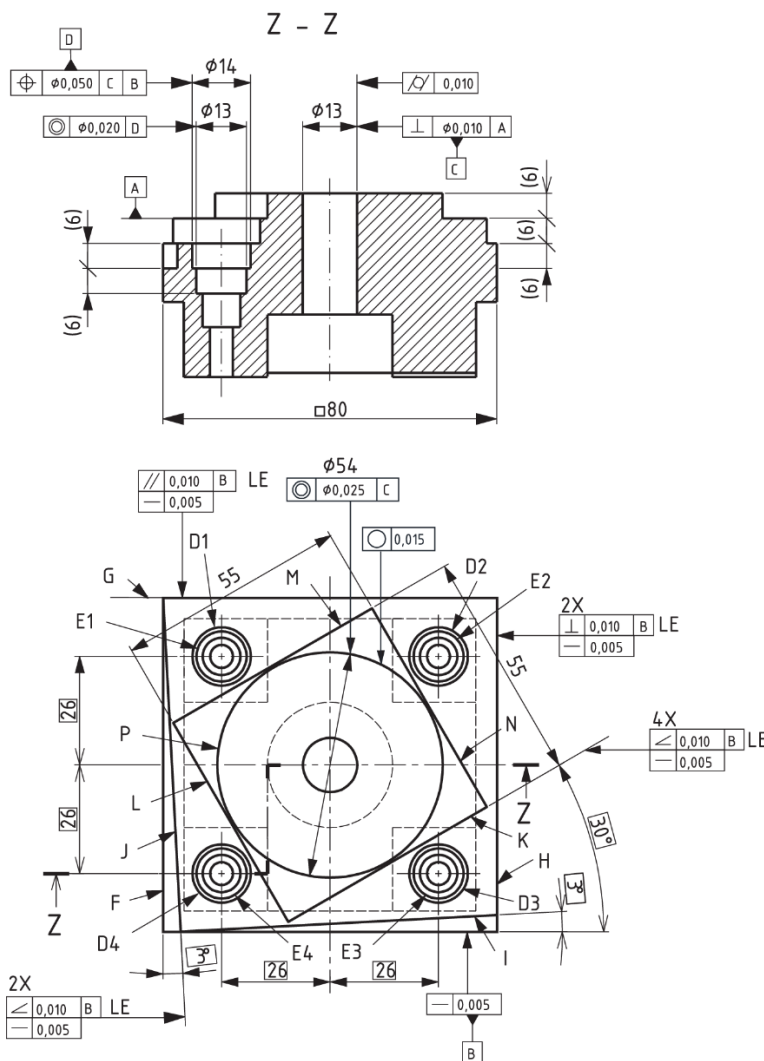
<b>Objek</b>	<b>M1</b>
<p>Memeriksa kinerja mesin perkakas dalam kondisi kinematik yang berbeda, yaitu pemakanan hanya satu sumbu, interpolasi linier dua sumbu dan interpolasi sirkular dengan pemesinan lima lubang bor dan serangkaian penyelesaian akhir pada profil yang berbeda.</p> <p><b>CATATAN 1</b> Pengujian ini biasanya dilakukan pada bidang XY mesin perkakas, namun dapat dilakukan pada bidang koordinat lain bila <i>universal spindle head</i> tersedia.</p> <p><b>CATATAN 2</b> Uji M4 mendefinisikan tambahan pada uji M1 untuk menguji akurasi dan posisi sumbu putar dan sumbu <i>swivelling</i>.</p>	

**Diagram**

Tiga ukuran pembentukan kontur benda uji dipertimbangkan dan dimensinya ditunjukkan di bawah ini.

**Benda uji ISO 10791-7, M1\_80**

Dimensi dalam milimeter

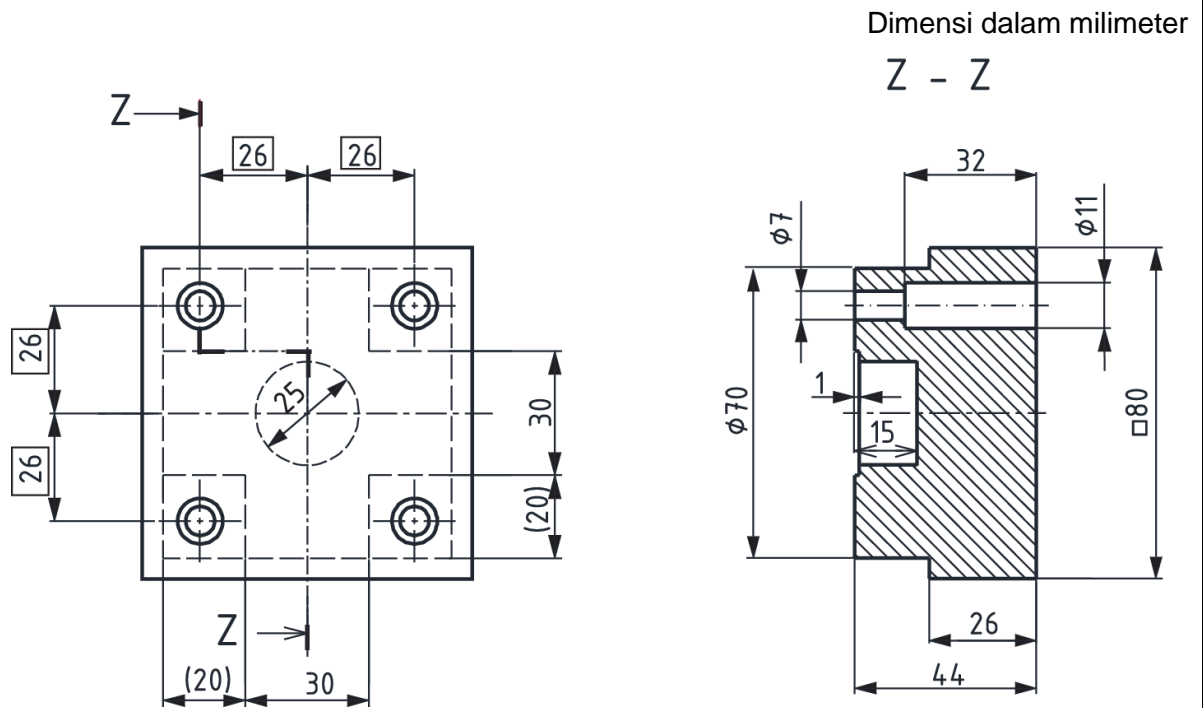






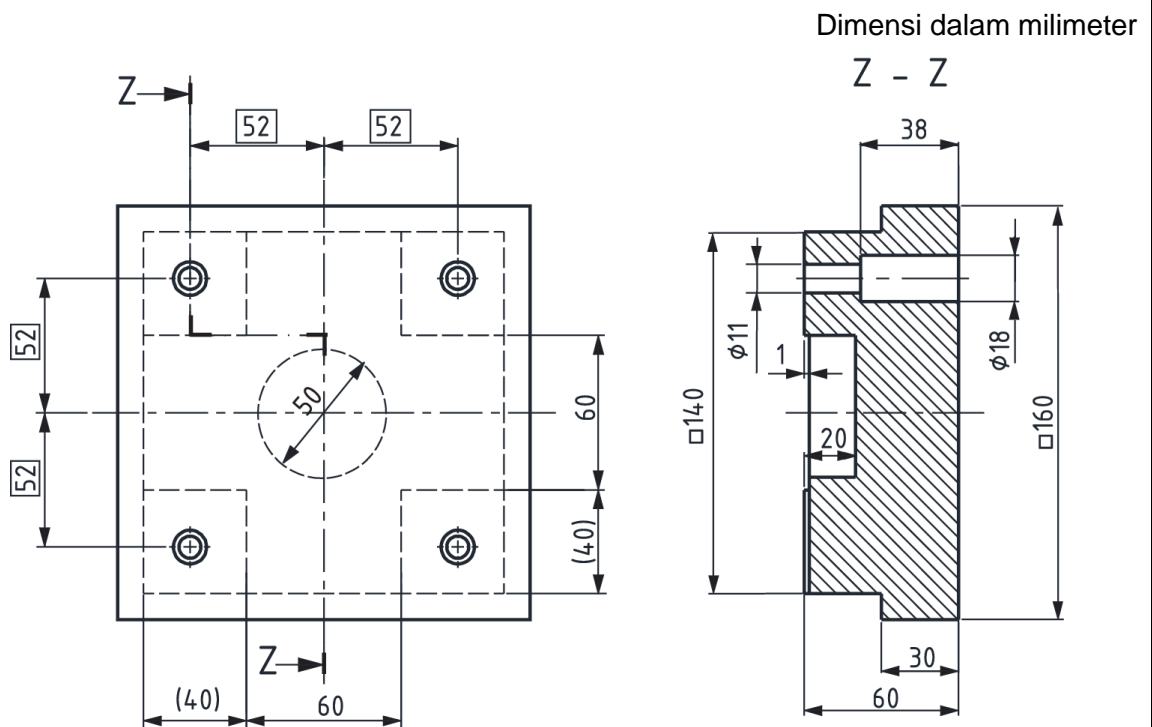


**Benda awal (Part blank) untuk ISO 10791-7, M1\_80**



**CATATAN** Dimensi pemasangan terkait dengan M6 cap screws.

**Benda awal untuk ISO 10791-7, M1\_160**



**CATATAN** Dimensi pemasangan terkait dengan M10 cap screws.



Tabel 2 — Uji geometri benda uji kontur

Dimensi dalam milimeter

Objek dan acuan ke gambar		Toleransi Ukuran nominal			Instrumen pengukuran	Deviasi terukur
		80	160	320		
Lubang tengah	<i>Cylindricity</i> dari Lubang bor C	0,010	0,010	0,015	<i>Coordinate measuring machine (CMM)</i>	
	<i>Perpendicularity</i> antara sumbu lubang bor C dan bidang datum A	0,010	0,010	0,015	CMM	
Persegi	<i>Straightness</i> dari sisi B	0,005	0,008	0,015	CMM atau <i>straightness reference artefact</i> dan <i>linear displacement sensor</i>	
	<i>Straightness</i> dari sisi F					
	<i>Straightness</i> dari sisi G					
	<i>Straightness</i> dari sisi H	0,010	0,010	0,020	CMM atau <i>squareness reference artefact</i> dan <i>linear displacement sensor</i>	
	<i>Perpendicularity</i> sisi H terhadap bidang datum B					
	<i>Perpendicularity</i> sisi F terhadap bidang datum B	0,010	0,010	0,020	CMM atau <i>height gauge</i> dan <i>linear displacement sensor</i>	
<i>Parallelism</i> sisi G terhadap bidang datum B						
Diamond	<i>Straightness</i> dari sisi K	0,005	0,008	0,015	CMM or <i>straightness reference artefact</i> dan <i>linear displacement sensor</i>	
	<i>Straightness</i> dari sisi L					
	<i>Straightness</i> dari sisi M					
	<i>Angularity</i> sudut 30° dari sisi K terhadap bidang datum B	0,010	0,010	0,020	CMM atau <i>sine bar</i> dan <i>linear displacement sensor</i>	
	<i>Angularity</i> sudut 60° dari sisi L terhadap bidang datum B					
	<i>Angularity</i> sudut 30° dari sisi M terhadap bidang datum B					
	<i>Angularity</i> sudut 60° dari sisi N terhadap bidang datum B					
Lingkaran	<i>Roundness</i> dari kontur lingkaran P	0,015	0,015	0,020	CMM atau <i>linear displacement sensor</i> dengan <i>reference rotary axis</i> atau <i>roundness-measuring instruments</i>	
	<i>Concentricity</i> lingkaran luar P dan lubang datum C	0,025	0,025	0,025		
Permukaan miring	<i>Straightness</i> dari permukaan I	0,005	0,008	0,015	CMM atau <i>straightness reference artefact</i> dan <i>linear displacement sensor</i>	
	<i>Straightness</i> dari permukaan J					
	<i>Angularity</i> sudut 3° sisi I terhadap bidang datum B	0,010	0,010	0,020	CMM atau <i>sine bar</i> dan <i>linear displacement sensor</i>	
	<i>Angularity</i> sudut 93° dari sisi J terhadap bidang datum B					

**CATATAN 1** Jika memungkinkan, ambil benda uji pada *Coordinate Measuring Machine (CMM)* dan ambil pengukuran yang dibutuhkan.

Untuk meminimalkan pengaruh distorsi benda uji akibat penjepitan, disarankan untuk mengukur *part - part* ketika masih dijepit pada pelat *fixture*.

**CATATAN 2** Untuk sisi lurus (atau permukaan persegi, *diamond*, dan *sloping faces*), sentuh permukaan yang diukur dengan *probe* setidaknya pada 10 titik untuk mendapatkan deviasi *straightness*, *perpendicularity*, dan *parallelism*.

**CATATAN 3** Untuk pengujian *roundness* (atau *cylindricity*), jika pengukuran tidak kontinu, periksa setidaknya 15 titik (untuk *cylindricity* disetiap bidang yang diukur).

Tabel 2 — Uji geometri benda uji kontur (lanjutan)

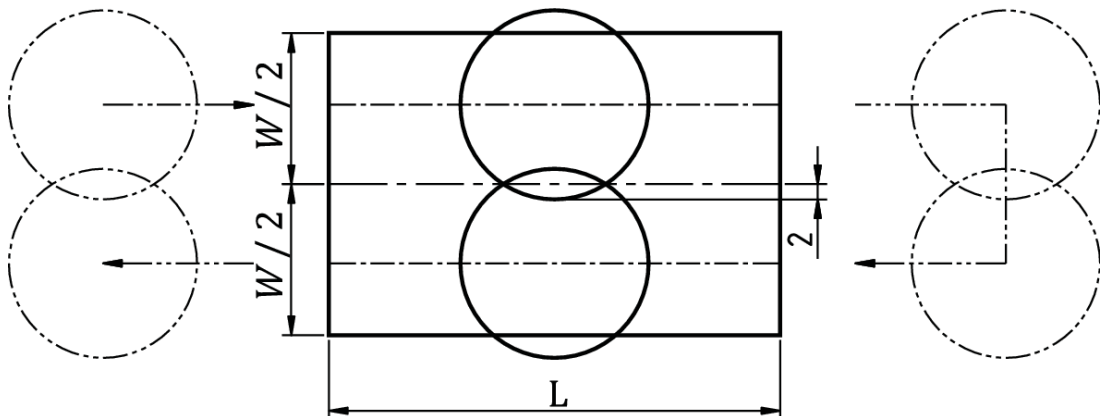
Objek dan acuan ke gambar		Toleransi Ukuran nominal			Instrumen pengukuran	Deviasi terukur
		80	160	320		
Lubang bor ( <i>Bored holes</i> )	Posisi lubang D1 terhadap datum lubang C	0,050	0,050	0,050	CMM	
	Posisi lubang D2 terhadap datum lubang C					
	Posisi lubang D3 terhadap datum lubang C					
	Posisi lubang D4 terhadap datum lubang C					
	<i>Concentricity</i> dari bagian dalam lubang E1 mengacu pada bagian luar lubang D1	0,020	0,020	0,020	CMM atau <i>linear displacement sensor</i> mengacu pada sumbu putar atau <i>roundness-measuring instruments</i>	
	<i>Concentricity</i> dari bagian dalam lubang E2 mengacu pada bagian luar lubang D2					
	<i>Concentricity</i> dari bagian dalam lubang E3 mengacu pada bagian luar lubang D3					
	<i>Concentricity</i> dari bagian dalam lubang E4 mengacu pada bagian luar lubang D4					

**CATATAN 1** Jika memungkinkan, ambil benda uji pada *Coordinate Measuring Machine (CMM)* dan ambil pengukuran yang dibutuhkan.

Untuk meminimalkan pengaruh distorsi benda uji akibat pengekaman (*clamping*), disarankan untuk mengukur *part - part* ketika masih *dicekam* pada pelat pemegang (*fixture*) .

**CATATAN 2** Untuk sisi lurus (atau permukaan persegi, *diamond*, dan permukaan miring), sentuh permukaan yang diukur dengan *probe* setidaknya pada 10 titik untuk mendapatkan deviasi *straightness*, *perpendicularity*, dan *parallelism*.

**CATATAN 3** Untuk pengujian *roundness* (atau *cylindricity*), jika pengukuran tidak kontinu, periksa setidaknya 15 titik (untuk *cylindricity* disetiap bidang yang diukur).

Objek	M2																
<p>Memeriksa kerataan dari permukaan mesin dengan operasi <i>finish face milling</i> yang dilakukan dengan pemotongan dua arah (<i>bidirectional two cut</i>).</p> <p>Jika mesin perkakas memiliki <i>universal spindle head</i>, pengujian dapat dilakukan pada bidang lainnya.</p> <p><b>CATATAN</b> Biasanya pengujian dilakukan oleh gerakan longitudinal sepanjang sumbu X dan gerakan melintang sepanjang sumbu Y, tetapi bisa dilakukan sebaliknya, tergantung pada kesepakatan antara produsen/pemasok dan pengguna.</p>																	
<p><b>Diagram</b></p> <p>ISO 10791-7, M2_80 dan ISO 10791-7, M2_160</p> <p style="text-align: right;">Dimensi dalam milimeter</p> 																	
<p>Pilihan dari dua set dimensi untuk benda uji dan pahat yang relevan diserahkan kepada kesepakatan antara produsen/pemasok dan pengguna.</p>																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lebar bidang potong</th> <th>Panjang bidang potong</th> <th>Lebar pemotongan</th> <th>Diameter pahat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>W</math> mm</td> <td><math>L</math> mm</td> <td>mm</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>100 hingga 130</td> <td>40</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>160</td> <td>200 hingga 250</td> <td>80</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>		Lebar bidang potong	Panjang bidang potong	Lebar pemotongan	Diameter pahat	$W$ mm	$L$ mm	mm	mm	80	100 hingga 130	40	50	160	200 hingga 250	80	100
Lebar bidang potong	Panjang bidang potong	Lebar pemotongan	Diameter pahat														
$W$ mm	$L$ mm	mm	mm														
80	100 hingga 130	40	50														
160	200 hingga 250	80	100														
<p>Direkomendasikan <i>face milling cutter</i> dengan pahat sisipan (lihat ISO 6462 dan ISO 1832). Baik radius sudut maksimum maupun <i>chamfer</i> dari <i>cutter inserts</i> tidak boleh lebih dari 2 mm.</p> <p>Material dari benda uji harus disepakati antara produsen/pemasok dan pengguna dari mesin perkakas. Jika besi tuang digunakan, dengan kecepatan pemakanan 300 mm/menit, pemakanan per gigi hampir konstan dan mendekati 0,12 mm. Kedalaman potong tidak boleh melebihi 0,5 mm. Sumbu yang tegak lurus dengan permukaan yang dilakukan pemesinan (biasanya sumbu Z) tidak boleh diprogram untuk berpindah selama pengujian.</p>																	
<b>Toleransi</b>	<b>Deviasi terukur</b>																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Objek</th> <th>Toleransi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kerataan permukaan yang dilakukan proses pemesinan</td> <td>ISO 10791-7, M2_80: 0,020 ISO 10791-7, M2_160: 0,030</td> </tr> </tbody> </table>	Objek	Toleransi	Kerataan permukaan yang dilakukan proses pemesinan	ISO 10791-7, M2_80: 0,020 ISO 10791-7, M2_160: 0,030													
Objek	Toleransi																
Kerataan permukaan yang dilakukan proses pemesinan	ISO 10791-7, M2_80: 0,020 ISO 10791-7, M2_160: 0,030																
<p><b>CATATAN</b> Pemeriksaan <i>straightness</i> sejajar dengan arah <i>milling</i> akan menunjukkan pengaruh masuknya atau keluarnya pahat.</p>																	

**Instrumen Pengukuran**

*Straightness reference artefact, gauge blocks, linear displacement sensor dan CMM*

**Observasi dan Acuan ke ISO 230-1**

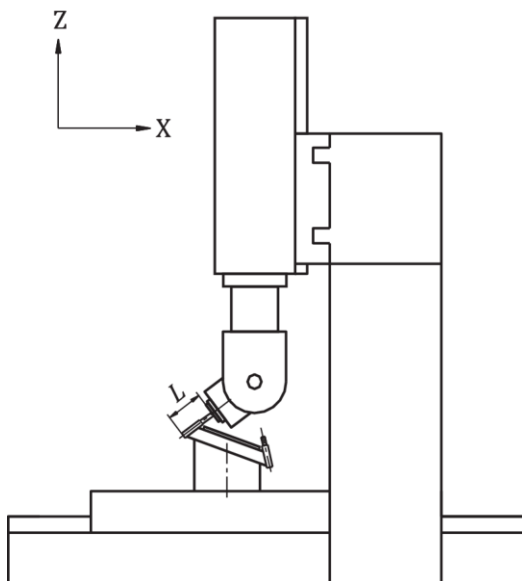
Benda awal harus dilengkapi dengan alas yang sesuai untuk dikencangkan ke meja pemegang benda kerja (*work holding*) / *pallet* atau ke *fixture*, memberikan *stiffness* yang cukup baik untuk mesin horizontal dan vertikal. Pemotongan awal harus dilakukan untuk membuat kedalaman pemotongan sekonstan mungkin.

Ketika dipasang, pemotong harus sesuai dengan toleransi berikut:

a) *run-out* < 0,020 mm; b) *run-out* dari *face* pada ujung diameter pahat < 0,030 mm.

Objek	M3
<p>Memeriksa kinerja pemotongan <i>machining centres</i> lima sumbu di bawah gerakan pemakanan simultan lima sumbu dengan mengerjakan benda uji berbentuk kerucut dengan <i>flank milling</i> (benda uji <i>cone frustum</i>).</p> <p><b>CATATAN</b> Pengujian ini berlaku untuk semua <i>machining centres</i> lima sumbu dengan tiga sumbu linier dan dua sumbu putar. Saat pengujian dilakukan pada mesin dengan dua sumbu putar pada sisi benda kerja, kesalahan posisi sumbu Z, <math>E_{zz}</math>, tidak mempengaruhi hasil pengujian.</p>	
<p><b>Diagram</b></p> <p><b>Keterangan:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 benda uji</li> <li>2 pemegang (<i>fixture</i>)</li> <li>3 <i>axis average line</i> dari <i>rotary table</i></li> <li>4 <i>rotary table</i></li> </ol> <p><b>CATATAN</b> Diagram di atas menunjukkan pengaturan benda uji dalam sistem koordinat benda kerja. Keterangan 3 dan 4 hanya untuk <i>machining centres</i> lima sumbu dengan meja putar. Untuk mesin dengan dua sumbu putar pada <i>spindle head</i>, <i>offset d</i> tidak diperlukan.</p>	

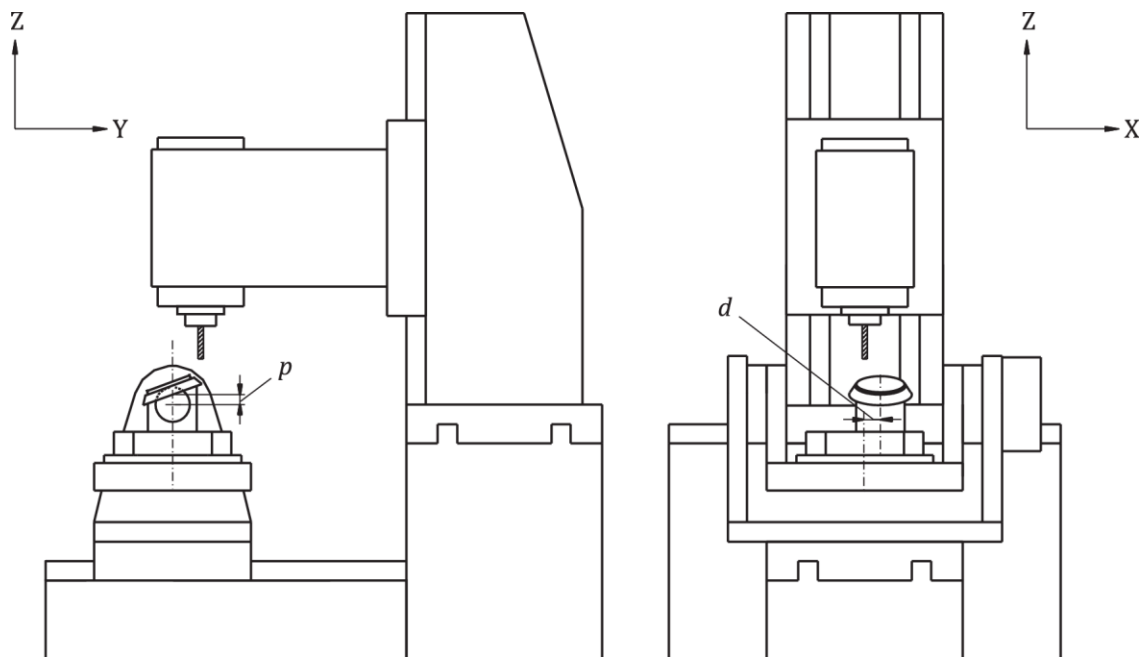
Tata letak benda uji pada mesin perkakas lima sumbu dengan dua sumbu putar pada spindle head:



**Keterangan:**

*L* panjang pahat

Tata letak benda uji pada mesin perkakas lima sumbu dengan dua sumbu putar pada sisi benda kerja:



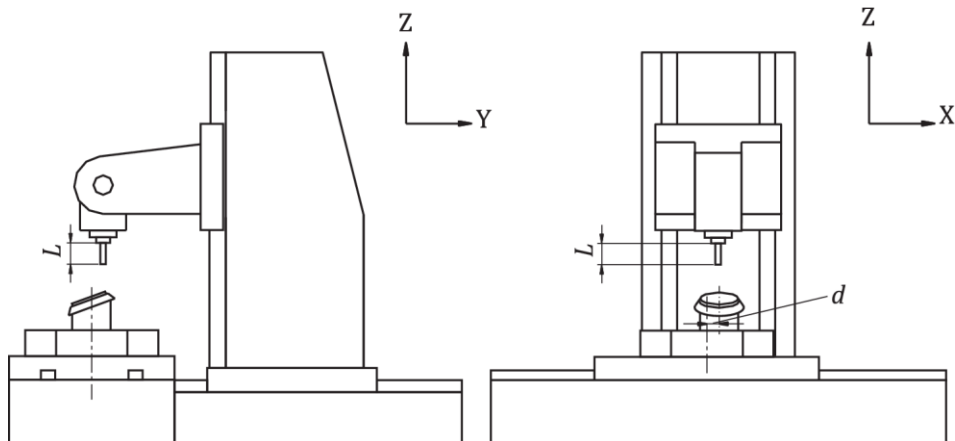
**Keterangan:**

*d* offset dari sumbu rotary

*p* offset dari sumbu swivelling



Tata letak benda uji pada *machining centre vertical spindle* lima sumbu dengan *tilting head* dan *rotary table*:



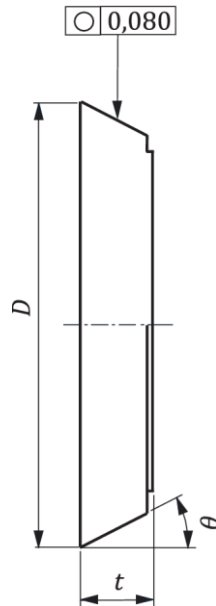
**Keterangan:**

$L$  panjang pahat

$d$  offset dari sumbu *rotary*

Benda uji ISO 10791-7, M3\_15 ( $\theta = 15^\circ$ ) dan Benda uji ISO 10791-7, M3\_45 ( $\theta = 45^\circ$ ):

Dimensi dalam milimeter



Salah satu dari dua kondisi alternatif (ukuran kontur benda uji dan posisi pengaturan) dipertimbangkan dan dimensinya diberikan dalam tabel di bawah ini.

Diameter dari permukaan bawah <i>D</i>	Ketebalan <i>T</i>	Sudut kemiringan $\beta$	Sudut setengah puncak ( <i>half apex</i> ) $\theta$	<i>Centre offset</i> (jika <i>rotary table</i> ) <i>d</i>
Benda uji ISO 10791-7, M3_15				
80 mm	20 mm	10°	15°	25 % dari diameter ukuran <i>rotary table</i> (atau semaksimal mungkin)
Benda uji ISO 10791-7, M3_45				
80 mm	15 mm	30°	45°	25 % dari diameter ukuran <i>rotary table</i> (atau semaksimal mungkin)

Bentuk akhir benda uji, seperti yang ditunjukkan pada diagram di atas, akan dihasilkan dari pemesinan berikut:

- Benda uji sebaiknya dipasang pada meja dengan sudut kemiringan  $\beta$  terhadap permukaan meja seperti terlihat pada tabel di atas.
- Bagian tengah bawah benda uji sebaiknya memiliki jarak *offset* tengah, *d*, seperti yang ditunjukkan pada diagram di atas, dari garis rata-rata sumbu *rotary table* (hanya dalam kasus *rotary table*). Apabila pengujian tidak dapat dilakukan karena terbatasnya goresan sumbu linier, *offset* dapat dikurangi berdasarkan kesepakatan bersama antara produsen/pemasok dan pengguna.
- Bagian tengah bawah benda uji harus mempunyai *offset* *p* dari sumbu putar (hanya dalam kasus *swivelling rotary table*), yang harus dinyatakan dengan laporan pengujian. *Offset* *p* direkomendasikan lebih besar dari 10 % diameter meja, namun dapat dikurangi berdasarkan kesepakatan bersama antara produsen/pemasok dan pengguna.
- Permukaan luar *frustum* harus dilakukan pemesinan dengan *flank milling* (pemotongan kasar (*rough*) dan akhir (*finish*) diperbolehkan). Jalur pemotong harus berbentuk lingkaran dengan kecepatan konstan dalam sistem koordinat benda kerja.
- Permukaan datar berbentuk cincin harus dikerjakan pada permukaan atas benda kerja sebagai acuan pengukuran. Itu harus dikerjakan dengan alat pemotong yang sama yang digunakan untuk *finishing*. Ini harus di proses pemesinan (*machining*) dengan menggerakkan sumbu linier saja, dengan sumbu putar diam (*rotary axes fixed*).

Pengaturan pengujian dapat dimodifikasi berdasarkan kesepakatan bersama antara produsen/pemasok dan pengguna. Misalnya, pada mesin perkakas lima sumbu dengan *tilting head* dan *rotary table*, pengaturan yang ditunjukkan di atas mungkin tidak dapat dilakukan karena keterbatasan langkah (*stroke*) pada sumbu A atau sumbu Y. Dalam kasus seperti itu, dengan memasang benda uji dengan sudut kemiringan  $\beta = 90^\circ$  menggunakan *square fixture* di *machine table*, pengujian dapat dilakukan. Perhatikan bahwa modifikasi seperti itu dapat secara signifikan mengurangi rentang pergerakan setiap sumbu dibandingkan dengan pengaturan awal, yang sering kali mengurangi kesalahan geometrik pada benda uji yang dikerjakan. Misalnya, pada mesin perkakas dengan *tilting head* dan *rotary table*, *rotary table* tersebut melakukan putaran penuh ( $360^\circ$ ) pada pengaturan awal, sedangkan pada pengaturan modifikasi dengan  $\beta = 90^\circ$ , tidak. Demikian pula, ketika *offset* tengah,  $d$ , dikurangi, rentang pergerakan setiap sumbu sering kali menjadi lebih kecil. Ketika pengaturan diubah, itu harus dinyatakan dalam laporan. Toleransi yang diberikan pada [Tabel 3](#) adalah untuk pengaturan awal.

Direkomendasikan untuk menggunakan *flat end mill* dengan *cutting edge* sepanjang 40 mm dan diameter 20 mm. Apabila pahat  $\phi 20$  tidak dapat digunakan, maka pahat yang lebih kecil (misalnya  $\phi 10$ ) dapat digunakan berdasarkan kesepakatan bersama antara produsen/pemasok dan pengguna. Perhatian harus diberikan pada pengaruh defleksi pahat.

Kecepatan pemotongan, kecepatan makan (*feed speed*), dan kedalaman potong harus disepakati antara produsen/pemasok dan pengguna. Sebagai nilai *default*, yang berikut ini dapat dipilih: kecepatan potong 50 m/menit untuk besi tuang dan 300 m/menit untuk aluminium, laju makan (*feed rate*) 0,05 mm/*tooth*, kedalaman potong 0,1 mm dalam arah radial.

**CATATAN** Dimensi permukaan berbentuk cincin (*ring-shaped*) dapat berubah-ubah, sepanjang dapat dijadikan acuan pengukuran.

<b>Toleransi</b>	<b>Deviasi terukur</b>
Lihat <a href="#">Tabel 3</a> .	Lihat <a href="#">Tabel 3</a> .
<b>Instrumen pengukuran</b>	
Lihat <a href="#">Tabel 3</a> .	
<b>Pengamatan dan acuan ke ISO 230-1</b>	
<p>Pemotongan pendahuluan harus dilakukan untuk menjaga kedalaman pemotongan sekonstan mungkin.</p> <p>Informasi mengenai sudut kemiringan dan jarak <i>offset</i> tengah, serta panjang pahat, <math>L</math>, harus disertakan dalam laporan pengujian.</p> <p>Jika mudah didapat, rentang pergerakan setiap sumbu (tiga sumbu linier dan dua sumbu putar) harus dilaporkan.</p> <p>Untuk interpretasi hasil tes lihat [ <a href="#">14</a> ].</p>	

**Tabel 3 — Uji geometri benda uji *cone frustum* untuk benda uji ISO 10791-7, M3\_15 dan ISO 10791-7, M3\_45**

Dimensi dalam milimeter

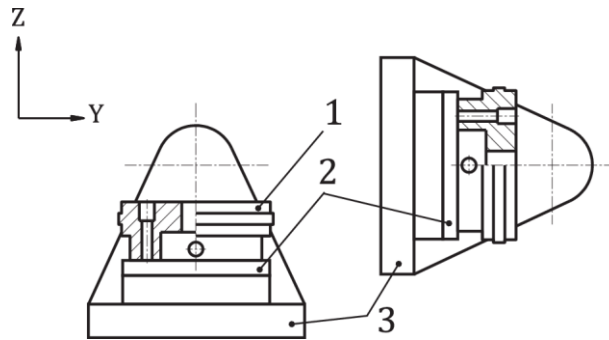
Objek	Toleransi	Alat pengukur	Penyimpangan terukur
Permukaan atas <i>cone</i> (terpisah sejauh 2 mm dari atas) a) Kebulatan	0,080	<i>Roundness measuring instrument</i> atau <i>coordinate measuring machine (CMM)</i> atau <i>linear displacement sensor</i> dan <i>rotary table</i>	a)
Permukaan atas <i>cone</i> (terpisah sejauh 2 mm dari atas) b) Kebulatan	0,080	<i>Roundness measuring instrumen</i> atau CMM atau <i>linear displacement sensor</i> dan <i>rotary table</i>	b)

<p><b>Objek</b></p> <p>Memeriksa keakuratan posisi sudut dan posisi garis tengah sumbu putar.</p> <p><b>CATATAN 1</b> Pengujian ini berlaku untuk semua <i>machining centres</i> lima sumbu dengan tiga sumbu linier dan dua sumbu putar.</p> <p><b>CATATAN 2</b> Benda uji yang dijelaskan di bawah ini dapat dirancang sebagai bagian dari benda uji Tipe M1 sesuai dengan dokumen ini.</p> <p><b>CATATAN 3</b> Fitur 2 (lihat diagram) juga dapat diproses permesinan pada <i>machining centres</i> 4 sumbu dengan <i>rotary tabel</i>. Namun hal itu tidak berlaku untuk mesin dengan dua sumbu putar pada <i>spindle head</i>.</p>	<p><b>M4</b>  <b>Penambahan pada benda uji Tipe M1</b></p>
<p><b>Diagram</b></p> <p>Benda uji ISO 10791-7, M4_80</p> <p style="text-align: right;">Dimensi dalam milimeter</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>Z - Z</p> </div>	





Tata letak benda uji pada alat mesin dengan dua sumbu putar pada sisi benda kerja:



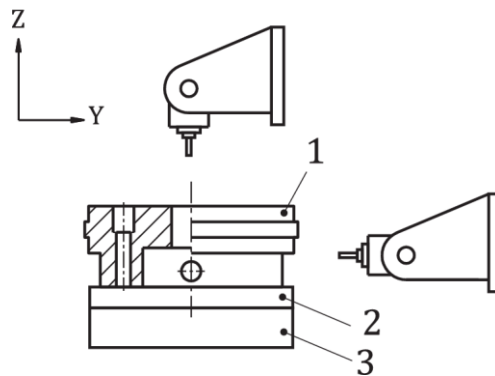
**Keterangan:**

1 benda uji

2 rotary table

3 cradle

Tata letak benda uji pada mesin perkakas dengan *tilting head* dan *rotary table*:



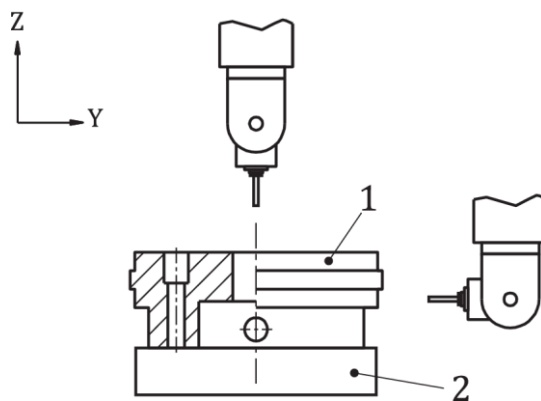
**Keterangan:**

1 benda uji

2 rotary table

3 machine table

Tata letak benda uji pada perkakas mesin dengan dua sumbu putar pada sisi spindel:



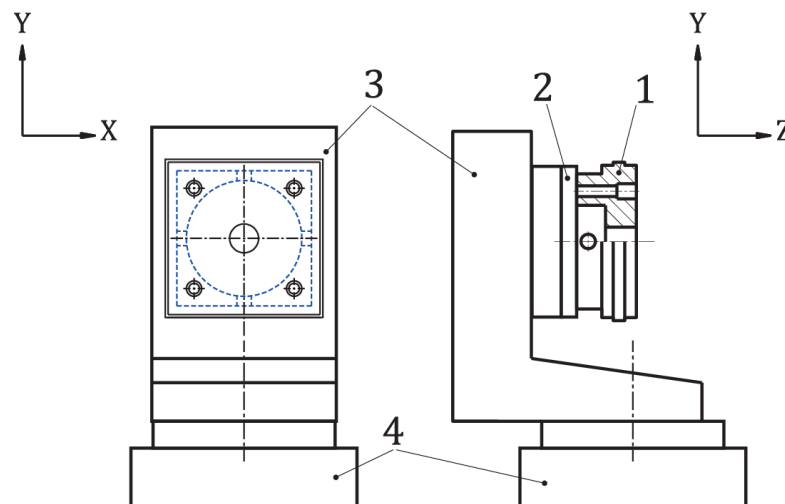
**Keterangan**

1 benda uji

2 machine table



Tata letak benda uji pada mesin dengan konfigurasi *table-on-table*:



**Keterangan:**

1 benda uji  
2 rotary table

3 swivelling table  
4 table saddle

Bentuk akhir benda uji, seperti yang ditunjukkan pada diagram di atas, harus dihasilkan dari urutan pemesinan berikut:

- a) Fitur 1: Persegi bagian atas harus dilakukan proses pemesinan dengan *end milling* menggunakan dua gerakan linier (sumbu X dan Y).
- b) Fitur 2 (S, Q, R, T): Persegi bagian tengah harus dilakukan proses pemesinan dengan *end milling* menggunakan satu sumbu linier dan satu sumbu putar dengan urutan pemesinan berikut (tidak berlaku untuk mesin dengan dua sumbu putar pada *spindle head*):
  - 1) Proses *end milling* pada bidang pertama (permukaan) dari persegi yang sejajar dengan sumbu x;
  - 2) memutar benda uji dengan sumbu putar C sebesar  $90^\circ$ ;
  - 3) Proses *end milling* bidang berikutnya yang sejajar dengan sumbu X;
  - 4) pengulangan 2) dan 3) hingga keempat bidangnya dengan proses *end milling*.
- c) Fitur 3: Persegi bagian bawah harus di proses pemesinan dengan *di-face milling* menggunakan satu atau dua sumbu linier dan satu atau dua sumbu putar dengan urutan pemesinan berikut:
  - 1) sumbu *swivelling* (atau *tilting head*) diputar  $90^\circ$ ;
  - 2) bidang pertama diproses *face milling* dengan menggerakkan sepanjang sumbu linier;
  - 3) sumbu putar C (meja atau *spindle head*) diputar  $90^\circ$ ;
  - 4) bidang selanjutnya dilakukan *face mill* dengan menggerakkan sumbu linier yang sama atau yang ortogonal terhadap sumbu linier pertama (untuk mesin dengan dua sumbu putar pada *spindle head*);
  - 5) pengulangan 3) dan 4) sampai keempat bidangnya selesai dilakukan proses *face milling*.

Jika sumbu *swiveling* (atau *tilting head*) dapat diputar  $\pm 90^\circ$ , prosedur berikut harus diterapkan:

- 6) sumbu *swiveling* (atau *tilting head*) diputar  $90^\circ$ ;
  - 7) bidang pertama dilakukan proses *face milling* permukaannya dengan menggerakkan sepanjang sumbu linier;
  - 8) sumbu putar C (meja atau *spindle head*) diputar  $180^\circ$ ;
  - 9) bidang kedua dilakukan *face mill* dengan menggerakkan sepanjang sumbu linier yang sama (ini mungkin memerlukan gerakan persiapan sepanjang sumbu ortogonal);
  - 10) sumbu *swiveling* (atau *tilting head*) diputar sebesar  $-180^\circ$ , sumbu putar C (meja atau *spindle head*) diputar sebesar  $-90^\circ$ ;
  - 11) bidang ketiga dilakukan proses *face milling* dengan menggerakkan sumbu linier yang sama atau ortogonal terhadap sumbu linier pertama (untuk mesin dengan dua sumbu putar pada *spindle head*);
  - 12) sumbu putar C (meja atau *spindle head*) diputar  $180^\circ$ ;
  - 13) bidang keempat dilakukan proses *face milling* dengan menggerakkan sepanjang sumbu linier sebelumnya (ini mungkin memerlukan gerakan persiapan sepanjang sumbu ortogonal).
- d) Fitur 4: Lubang radial.
- 1) sumbu *swiveling* (atau *tilting head*) diputar  $90^\circ$ ;
  - 2) lubang pertama, diameter 15 mm diproses pemesinan menggunakan *circular milling*, diameter dari pahat adalah 10 mm;
  - 3) sumbu putar C (meja atau *spindle head*) diputar  $90^\circ$ ;
  - 4) lubang berikutnya diproses pemesinan menggunakan *circular milling*;
  - 5) pengulangan 2) dan 3) hingga keempat lubang diproses pemesinan menggunakan *circular milling*.

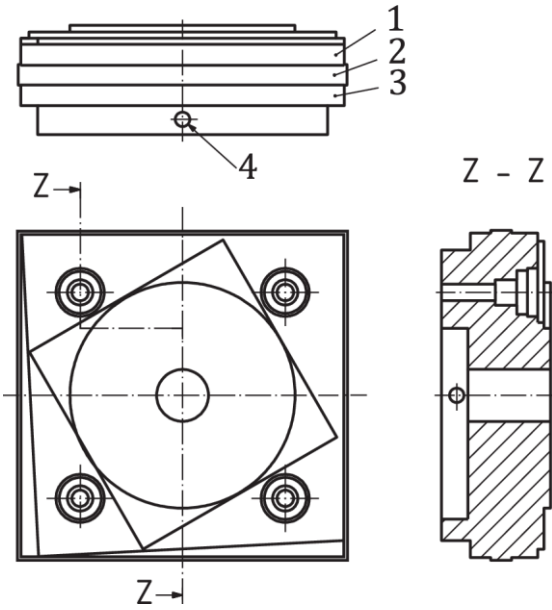
Jika sumbu *swivelling* (atau *tilting head*) dapat diputar  $\pm 90^\circ$ , prosedur berikut harus diterapkan:

- 6) sumbu *swivelling* (atau *tilting head*) diputar  $90^\circ$ ;
- 7) lubang pertama, diameter 15 mm diproses pemesinan menggunakan *circular milling*, diameter dari pahat adalah 10 mm;
- 8) sumbu putar C (meja atau *spindle head*) diputar  $180^\circ$ ;
- 9) lubang kedua diproses pemesinan menggunakan *circular milling*;
- 10) sumbu *swivelling* (atau *tilting head*) diputar  $-180^\circ$ , sumbu putar C (meja atau *spindle head*) diputar  $-90^\circ$ ;
- 11) lubang ketiga diproses pemesinan menggunakan *circular milling*;
- 12) sumbu putar C (meja atau *spindle head*) diputar  $180^\circ$ ;
- 13) lubang keempat diproses pemesinan menggunakan *circular milling*.

Parameter pemotongan ditentukan berdasarkan kesepakatan bersama antara produsen/pemasok dan pengguna mesin perkakas.

**CATATAN 1** Benda uji M1 dan M4 dapat dibuat menjadi satu benda uji. Gambar berikut mewakili perwujudan tersebut. Sebagai alternatif, benda uji M1 dan M4 dapat digabungkan menggunakan perlengkapan yang tepat yang dapat memberikan lebih banyak fleksibilitas dalam pengujian.

**CATATAN 2** Lubang dapat dikerjakan dengan menggunakan alat bor.

	
<p><b>Keterangan:</b></p> <p>fitur 1: fitur persegi bagian atas yang diproses pemesinan menggunakan gerakan linier sepanjang sumbu X dan Y</p> <p>fitur 2 (S, Q, R, T): fitur persegi bagian tengah yang diproses pemesinan menggunakan satu sumbu linier dan putar (C)</p> <p>fitur 3 (persegi bagian bawah): fitur <i>face milled square</i> yang diproses pemesinan menggunakan satu sumbu linear dan dua sumbu putar</p> <p>fitur 4: lubang radial</p>	
<p><b>Toleransi</b></p> <p>Persegi dengan proses <i>end milling</i> (fitur 1) harus memenuhi toleransi yang diberikan pada benda uji M1. Toleransi lainnya diberikan pada Tabel 4</p>	<p><b>Deviasi terukur</b></p> <p>Lihat Tabel 4.</p>
<p><b>Alat pengukur</b></p> <p>Lihat Tabel 4 .</p>	
<p><b>Observasi dan acuan ke ISO 230-1</b></p> <p>Pemotongan awal harus dilakukan untuk menjaga kedalaman pemotongan sekonstan mungkin.</p> <p>Jarak antara posisi tengah lubang acuan C dan garis rata-rata sumbu <i>rotary table</i>, seperti jarak antara permukaan acuan C dan garis rata-rata sumbu sumbu <i>swivelling</i>, harus dilaporkan.</p>	

**Tabel 4 — Uji geometri benda uji persegi tiga tingkat untuk benda uji ISO 10791-7, M4\_80, \_160, dan \_320**

Dimensi dalam milimeter

Objek dan acuan dari gambar		Toleransi Ukuran nominal			Instrumen pengukuran	Deviasi terukur
		80	160	320		
Persegi bagian tengah ( <i>middle square</i> )	<i>Straightness</i> dari sisi Q	0,012	0,015	0,020	<i>Coordinate measuring machine (CMM)</i> atau <i>straightness reference artefact</i> dan <i>linear displacement sensor</i>	
	<i>Straightness</i> dari sisi R					
	<i>Straightness</i> dari sisi S					
	<i>Straightness</i> dari sisi T					
	Simetri terhadap lubang datum C	0,080	0,100	0,150	CMM	
	<i>Squareness</i> dari sisi Q terhadap bidang datum B	0,030	0,040	0,060	CMM atau <i>squareness reference artefact</i> dan <i>linear displacement sensor</i>	
	<i>Squareness</i> dari sisi S terhadap bidang datum B					
	<i>Parallelism</i> dari sisi R terhadap bidang datum B				CMM atau <i>height gauge</i> dan <i>linear displacement sensor</i>	
	<i>Parallelism</i> dari sisi T terhadap bidang datum B					
	Selisih L1 dan L2, dimana L1 adalah jarak antara bidang Q dan S, L2 adalah jarak antara bidang R dan T	0,100	0,120	0,180	CMM	
Persegi bagian bawah ( <i>bottom Square</i> )	<i>Straightness</i> dari sisi Q <sub>b</sub>	0,012	0,015	0,020	CMM atau <i>straightness reference artefact</i> dan <i>linear displacement sensor</i>	
	<i>Straightness</i> dari sisi R <sub>b</sub>					
	<i>Straightness</i> dari sisi S <sub>b</sub>					
	<i>Straightness</i> dari sisi T <sub>b</sub>					
	Simetri terhadap lubang datum C	0,080	0,100	0,150	CMM	
	<i>Squareness</i> dari sisi Q <sub>b</sub> terhadap bidang datum B	0,030	0,040	0,060	CMM or <i>squareness reference artefact</i> and <i>linear displacement sensor</i>	
	<i>Squareness</i> dari sisi S <sub>b</sub> terhadap bidang datum B					
	<i>Parallelism</i> dari sisi R <sub>b</sub> dengan bidang datum B				CMM atau <i>height gauge</i> dan <i>linear displacement sensor</i>	
	<i>Parallelism</i> dari sisi T <sub>b</sub> dengan bidang datum B					
	Selisih L3 dan L24, dimana L3 adalah jarak antar bidang Q <sub>b</sub> dan S <sub>b</sub> , L4 adalah jarak antar bidang R <sub>b</sub> dan T <sub>b</sub>	0,100	0,120	0,180	CMM	

**Tabel 4 — Uji geometri benda uji persegi tiga tingkat untuk benda uji ISO 10791-7, M4\_80, \_160, dan \_320 (lanjutan)**

Objek dan acuan dari gambar		Toleransi Ukuran nominal			Instrumen pengukuran	Deviasi terukur
		80	160	320		
Lubang radial ( <i>radial holes</i> )	Selisih posisi lubang U jaraknya terhadap bidang datum A <sup>a,b</sup>	0,060	0,080	0,120	CMM	
	Selisih posisi lubang V pada jarak terhadap bidang datum A <sup>a,b</sup>					
	Selisih posisi lubang W pada jarak terhadap bidang datum A <sup>a,b</sup>					
	Selisih posisi lubang P pada jarak terhadap bidang datum A <sup>a,b</sup>					
	Selisih posisi lubang U dengan lubang W <sup>a</sup>	0,040	0,060	0,090	CMM	
	Perbedaan posisi lubang V dengan lubang P <sup>a</sup>					
<sup>a</sup> Perbedaan ini dipengaruhi oleh ketidakpastian penentuan panjang pahat dan keausan pahat. <sup>b</sup> Saat menggunakan kembali benda uji, nilai nominal dari jarak ke bidang datum A sebaiknya dikurangi.						

**Lampiran A**  
(informatif)

**Akurasi benda uji potong tidak beraturan (*freeform*)(M5)**

**A.1 Umum**

Pengujian ini hanya dimaksudkan untuk menilai kinerja *machining centre* lima sumbu dengan tiga sumbu linier dan dua sumbu putar. Meskipun hasil pengujian terutama dimaksudkan untuk menunjukkan pengaruh kesalahan geometrik *machining centre*, dan kinerja pengontrol NC dan pengontrol servo, faktor-faktor lain dapat mempengaruhi hasil pengujian, misalnya keakuratan model CAD, *tool path generation* oleh perangkat lunak CAM, ketidakpastian pengukuran dengan pengukuran bentuk bebas oleh *coordinate measuring machine* (CMM). Sifat kompleks dari uji ini menyatakan bahwa uji ini tidak dapat digunakan untuk identifikasi kesalahan.

Benda uji tidak beraturan (*freeform*) yang ditentukan dalam lampiran ini terutama untuk penggunaan industri dirgantara (walaupun produsen suku cadang kompleks lainnya juga dapat menggunakannya). Ini adalah uji opsional, yang dapat digunakan sesuai dengan kesepakatan bersama antara pemasok/produsen dan pengguna.

Berkas TAHAPAN dan berkas titik pengukuran dapat diunduh dari <http://standards.iso.org/iso/10791/-7/ed-3/en>.

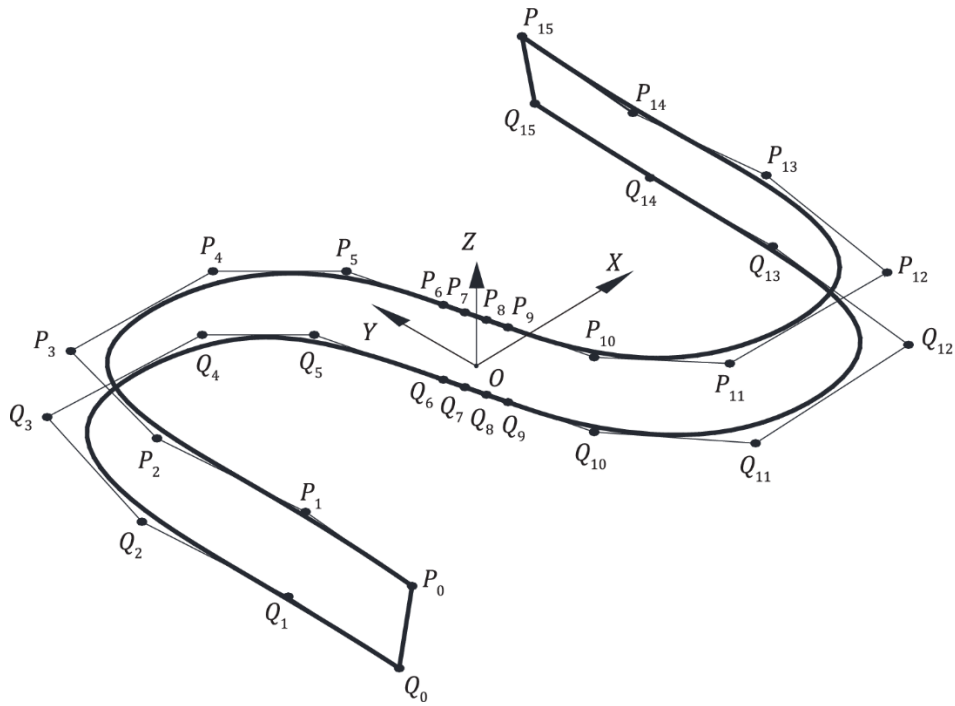
**A.2 Definisi geometris benda uji**

Benda uji dibentuk dari *fillet* berbentuk S dan alas berbentuk persegi panjang, bentuk akhir ditunjukkan pada Gambar A.1. *Fillet* bentuk S dibatasi oleh dua permukaan bergaris. Seperti ditunjukkan pada Gambar A.2 a), *ruled surface* A dihasilkan menurut Rumus (1) oleh dua *splines* B *quasi-uniform rational* orde keempat (kubik) yang ditentukan oleh dua paket titik kontrol  $P_i$  dan  $Q_i$  (lihat Tabel A.1). Demikian pula, seperti yang ditunjukkan pada Gambar A.2 b), permukaan bergaris B dihasilkan oleh dua *splines* B *quasi-uniform rational* urutan keempat (kubik) yang ditentukan oleh dua paket titik kontrol  $M_i$  dan  $N_i$  (lihat Tabel A.2).

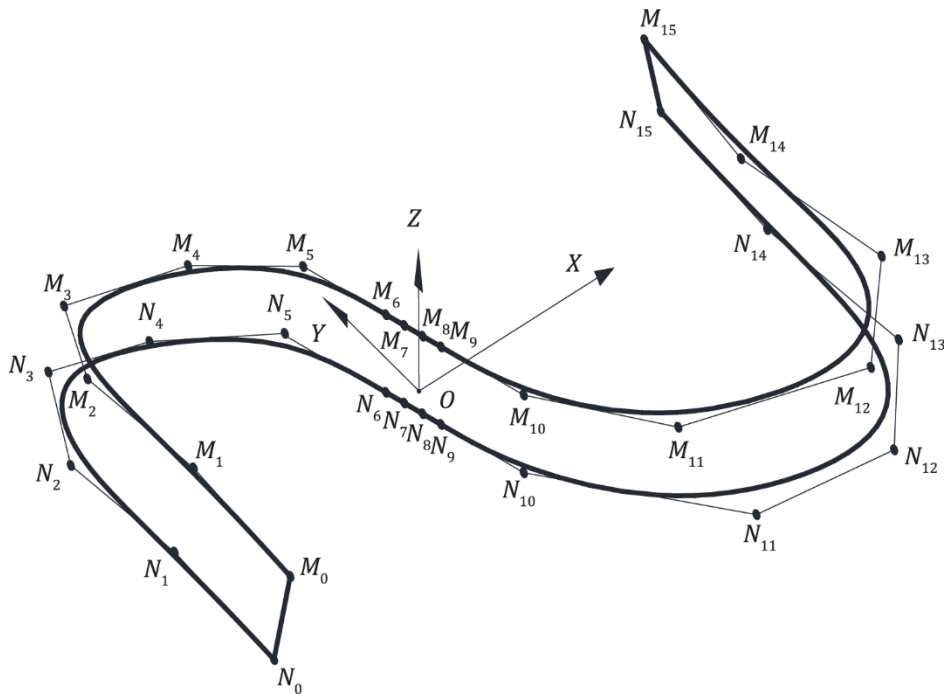
**CATATAN 1** Selama *flank milling* pada *ruled surface* yang tidak dapat dikembangkan, adanya sudut putar berarti tidak mungkin untuk mengerjakan benda kerja secara sempurna menggunakan pahat yang berdiameter bukan nol (*non-zero*), dengan posisi pemotong pada permukaan yang menyebabkan gangguan yang tidak dapat dihindari. *Overcut* dan *undercut* pada permukaan bergaris karena diameter pahat dan sudut putarnya bisa mencapai 20  $\mu\text{m}$ . Seperti ditunjukkan pada Gambar 1,  $P_0$ ,  $P_1$  adalah titik akhir suatu *rule*, dan  $K_0$ ,  $K_1$  adalah vektor normal terhadap  $S(u, v)$  di  $P_0$  dan  $P_1$ , sudut putar adalah sudut antara  $K_0$  dan  $K_1$ .

**CATATAN 2** Sistem CAM yang digunakan berdampak pada kesalahan yang dihasilkan saat proses pemesinan satu paket permukaan. Kemampuan interpolasi NC di NURBS dapat digunakan jika tersedia untuk meminimalkan kesalahan (mengurangi efek kesalahan dinamis mesin). Jika digunakan, fungsi ini harus dilaporkan.





a) *Ruled surface A*



b) *Ruled surface B*

Gambar A.2 — Definisi *Ruled surface*



Tabel A.1 — Titik kontrol pada *ruled surface A*

P <sub>i</sub>	POS_X	POS_Y	POS_Z	Q <sub>i</sub>	POS_X	POS_Y	POS_Z
P <sub>0</sub>	-131	-95,5	30	Q <sub>0</sub>	-137	-95,5	0
P <sub>1</sub>	-126	-41	30	Q <sub>1</sub>	-134	-41	0
P <sub>2</sub>	-131	23	30	Q <sub>2</sub>	-138	23	0
P <sub>3</sub>	-116	78	30	Q <sub>3</sub>	-118	87	0
P <sub>4</sub>	-51	77	30	Q <sub>4</sub>	-49	84	0
P <sub>5</sub>	-20	46	30	Q <sub>5</sub>	-23	58	0
P <sub>6</sub>	-11	10	30	Q <sub>6</sub>	-11	10	0
P <sub>7</sub>	-9	2	30	Q <sub>7</sub>	-9	2	0
P <sub>8</sub>	-7	-6	30	Q <sub>8</sub>	-7	-6	0
P <sub>9</sub>	-5	-14	30	Q <sub>9</sub>	-5	-14	0
P <sub>10</sub>	3	-46	30	Q <sub>10</sub>	3	-46	0
P <sub>11</sub>	32	-80	30	Q <sub>11</sub>	36	-88	0
P <sub>12</sub>	103	-81	30	Q <sub>12</sub>	111	-84	0
P <sub>13</sub>	116	-13	30	Q <sub>13</sub>	119	-13	0
P <sub>14</sub>	110	43	30	Q <sub>14</sub>	118	43	0
P <sub>15</sub>	115	99,5	30	Q <sub>15</sub>	121	99,5	0

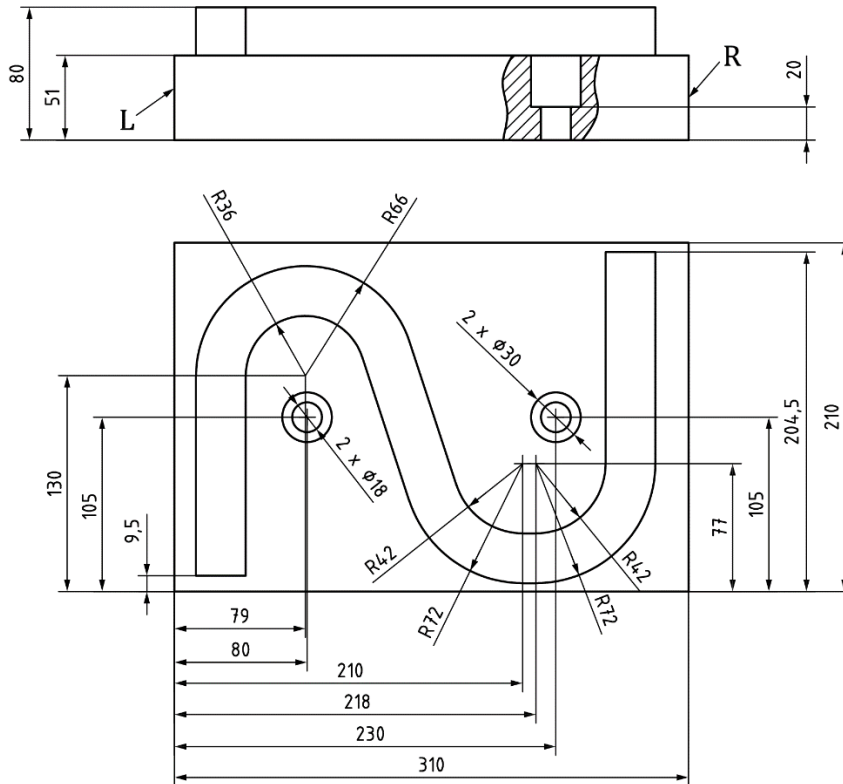
Tabel A.2 — Titik kontrol pada *ruled surface B*

M <sub>i</sub>	POS_X	POS_Y	POS_Z	N <sub>i</sub>	POS_X	POS_Y	POS_Z
M <sub>0</sub>	-121	-95,5	30	N <sub>0</sub>	-127	-95,5	0
M <sub>1</sub>	-117	-29	30	N <sub>1</sub>	-124	-29	0
M <sub>2</sub>	-121	30	30	N <sub>2</sub>	-128	30	0
M <sub>3</sub>	-107	68	30	N <sub>3</sub>	-108	76	0
M <sub>4</sub>	-62	67	30	N <sub>4</sub>	-62	74	0
M <sub>5</sub>	-31	48	30	N <sub>5</sub>	-33	56	0
M <sub>6</sub>	-22	12	30	N <sub>6</sub>	-22	12	0
M <sub>7</sub>	-20	4	30	N <sub>7</sub>	-20	4	0
M <sub>8</sub>	-18	-4	30	N <sub>8</sub>	-18	-4	0
M <sub>9</sub>	-16	-12	30	N <sub>9</sub>	-16	-12	0
M <sub>10</sub>	-7	-48	30	N <sub>10</sub>	-7	-48	0
M <sub>11</sub>	26	-88	30	N <sub>11</sub>	30	-95	0
M <sub>12</sub>	95	-91	30	N <sub>12</sub>	100	-97	0
M <sub>13</sub>	129	-42	30	N <sub>13</sub>	132	-46	0
M <sub>14</sub>	118	28	30	N <sub>14</sub>	127	27	0
M <sub>15</sub>	125	99,5	30	N <sub>15</sub>	131	99,5	0

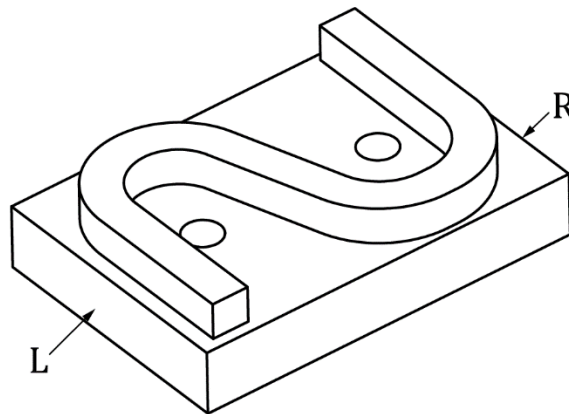
**A.3 Definisi bahan baku**

Definisi geometris dari benda awal ditunjukkan pada [Gambar A.3](#).

Dimensi dalam milimeter



**a) 2D**



**b) 3D**

**Keterangan:**

- L sisi kiri benda uji
- R sisi kanan benda uji

**Gambar A.3 — Geometri benda awal**

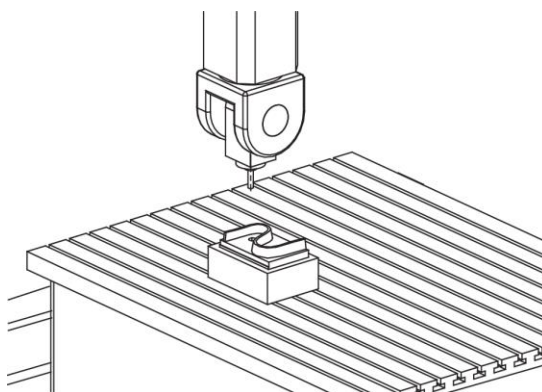
Benda awal sebaiknya dikerjakan dari semua sisi untuk menghilangkan tegangan sisa (*stress relief*). Kesalahan kerataan bidang bagian bawah sebaiknya lebih kecil dari 0,05 mm, dan toleransi dimensi lainnya harus  $\pm 0,1$  mm. Bahan yang direkomendasikan untuk pengujian ini adalah paduan aluminium, meskipun bahan lain juga dapat digunakan, sesuai dengan kesepakatan bersama antara pemasok/produsen dan pengguna.

## A.4 Pemesinan

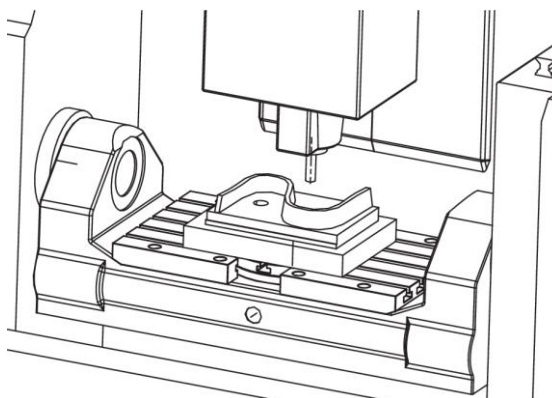
### A.4.1 Memperbaiki benda awal (*part blank*)

Setidaknya dua baut atau metode penjepitan lainnya dapat digunakan untuk mencapai stabilitas yang cukup dan meminimalkan distorsi. Perhatian harus diberikan untuk memastikan bahwa kombinasi penjepitan dan ketidak-rataan (*non-flatness*) permukaan bagian bawah itu tidak merusak benda uji.

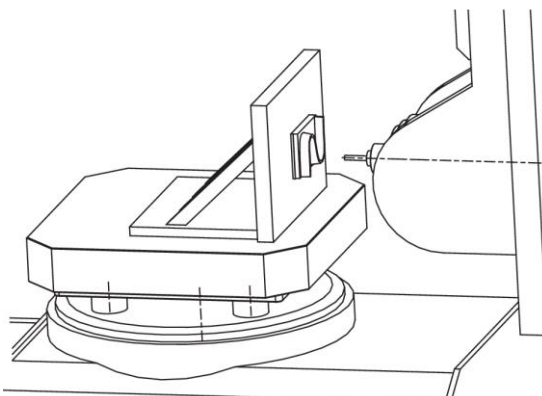
Gambar A.4 menunjukkan contoh penempatan dan penjepitan benda uji, pada tiga jenis *machining centres* lima sumbu yang berbeda.



a) *Machining centres* dengan dua sumbu putar pada *spindle head*



b) *Machining centres* dengan dua sumbu putar pada sisi benda kerja



c) *Machining centres* dengan *tilting head* dan *rotary table*

Gambar A.4 — Contoh penempatan benda uji pada tiga jenis *machining centres* lima sumbu yang berbeda

**A.4.2 Pahat potong dan parameter pemotongan**

Alat pemotong dan parameter pemotongan yang direkomendasikan adalah sebagai berikut. Alat pemotong dan parameter pemotongan lainnya juga dapat diadopsi sesuai dengan kesepakatan bersama antara pemasok/produsen dan pengguna.

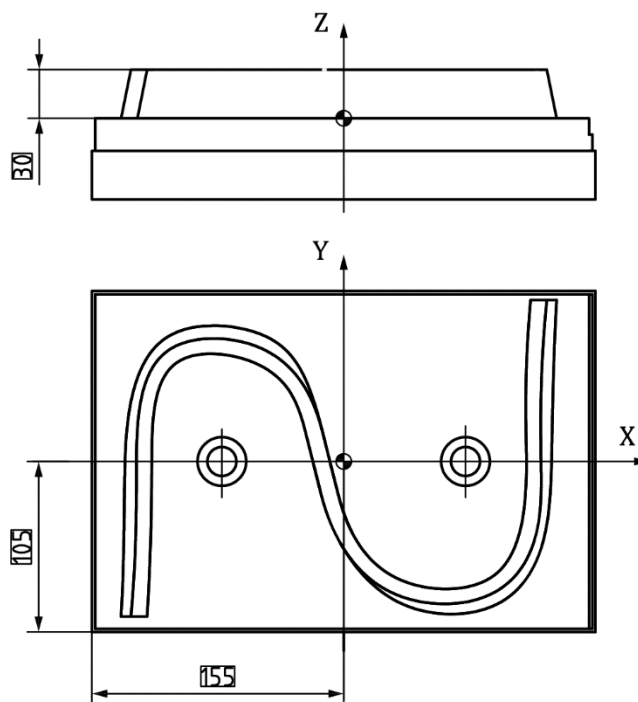
- Pahat potong:
- Jenis pahat: *End mill*
- Diameter pahat: 20 mm
- Panjang *cutting edge*:  $\geq 35$  mm
- Jumlah mata potong (*teeth*):  $\geq 2$
- Parameter pemotongan:
  - Kedalaman potong aksial untuk setiap jalur: sesuai kesepakatan bersama antara pemasok/produsen dan pengguna, totalnya 30 mm.
  - Kedalaman potong radial: sesuai kesepakatan bersama antara pemasok/produsen dan pengguna.
  - Kecepatan makan: sesuai dengan kesepakatan bersama antara pemasok/produsen dan pengguna, kecepatan pengumpanan yang sesuai harus dipilih sesuai dengan kecepatan *spindle*, seperti yang ditunjukkan pada Tabel A.3

**Tabel A.3 — Kecepatan pemakanan yang direkomendasikan**

Kecepatan <i>spindle</i> (r/mnt)	<6.000	6.000 ~ 10.000	10.000 ~ 18.000	>18.000
Kecepatan makan (mm/mnt)	1.000	2.000	3.000	5.000

**A.4.3 Sistem koordinat benda kerja**

Sistem koordinat benda kerja ditunjukkan pada Gambar A.5 .



**Gambar A.5 — Sistem koordinat benda kerja (bidang datum lihat Gambar A.6 )**

#### A.4.4 Tahapan pemesinan

Langkah 1: *Milling* bidang A, E, F, G dan H.

Bidang acuan (E, F, G dan H) dan bidang datum A ditunjukkan pada Gambar A.6, yang harus dihasilkan dengan alat yang sama yang digunakan dalam memotong *fillet* bentuk S. Sebagai alternatif, permukaan acuan lain yang dikerjakan dalam pengaturan yang sama juga dapat ditentukan berdasarkan kesepakatan bersama antara pemasok/produsen pusat pemesinan dan pengguna.

Langkah 2: *Semi-finishing* permukaan bergaris.

Dapatkan bentuk permukaan melengkung dari *fillet* bentuk S dengan *flank milling* lima sumbu. *Allowance* penyelesaian diadopsi sesuai dengan kesepakatan bersama antara pemasok/produsen dan pengguna. Untuk *fillet* bentuk S yang mempunyai sudut kurang dari 90° dengan bidang datum A di beberapa tempat, sisa pada bagian bawah *fillet* bentuk S diperbolehkan untuk menghindari *gouging* yang menyebabkan defleksi pemotong.

Langkah 3: Menyelesaikan permukaan bergaris.

Dapatkan *fillet* bentuk S akhir dengan *flank milling* lima sumbu. Sisa di bagian bawah *fillet* bentuk S juga diperbolehkan.

Langkah 4: *Milling* bidang tambahan D [sebuah opsi, hanya untuk *machining centres* dengan sumbu C pada *spindle head (universal head)*].

Bidang tambahan D yang ditunjukkan pada Gambar A.6 digunakan untuk memeriksa konsentrisitas antara *spindle* pahat dan sumbu C. Selama pemotongan, sumbu C berputar satu kali (dari sudut maksimum negatif ke 0° atau dari 0° ke sudut maksimum positif, atau sebaliknya; Jika rentang sumbu C lebih besar dari 720°, cukup 720° saja dieksekusi) selama pergerakan pahat 20 mm sepanjang sumbu Y. Bidang ini juga harus dibuat dengan alat yang sama yang digunakan untuk memotong *fillet* bentuk S. Kesalahan konsentrisitas yang diukur dapat dipengaruhi oleh panjang pahat.

Kode NC harus diprogram secara manual. Contoh kode NC-nya adalah sebagai berikut. Nilai kecepatan makan harus disepakati antara pemasok/produsen dan pengguna, dan *down-cut milling* lebih diperkenankan.

#### CONTOH

```
G90
M03 S5000
G00 Z100. A0. C0.
G00 X161. Y130.
G00 Z-10.
G01 Y93. F1000.
G01 Y73. C270.
G01 Y53. C0.
G01 Y33. C- 270.
G01 Y13. C0.
G01 Y-7. C 270.
```

G01 Y-27. C0.

G01 Y-47. C- 270.

G01 Y-67. C0.

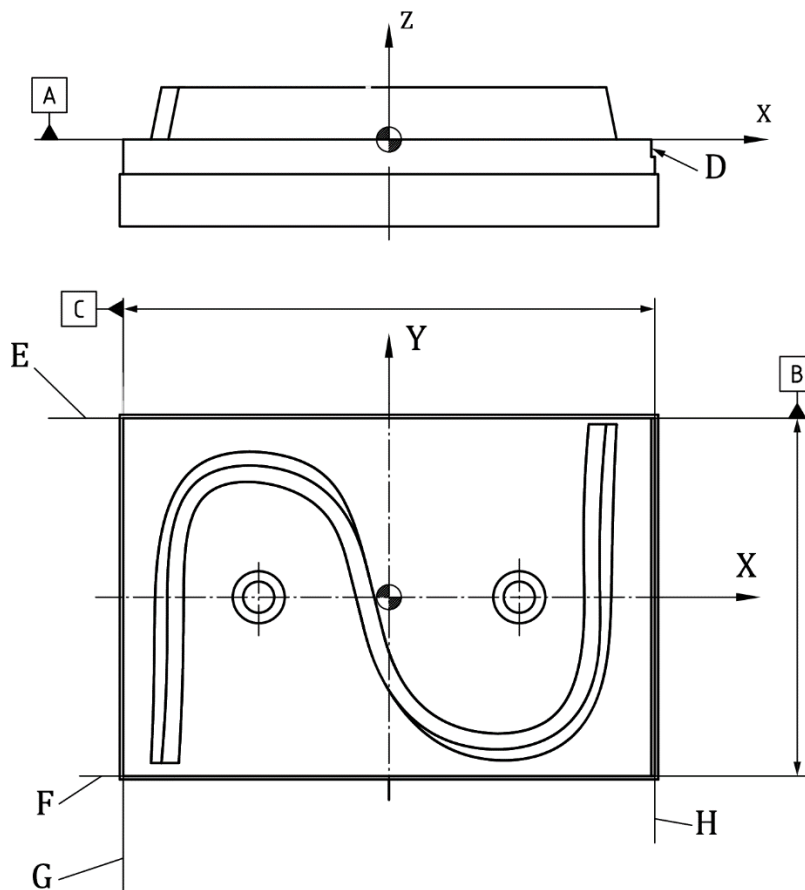
G01 Y-87. C 270.

G01 Y-107. C0.

G01 Y-130. F5000.

G00 Z100.

M30



**Keterangan:**

E, F, G, H Bidang-bidang acuan

A bidang datum

B garis datum dicapai dengan memotong bidang tengah antara bidang E dan bidang F dengan bidang A

C titik datum dicapai dengan memotong bidang tengah antara bidang G dan bidang H dengan bidang A dan garis B

D bidang tambahan

**Gambar A.6 - Datum pengukuran**

## A.5 Pengukuran

### A.5.1 Jenis pengukuran

Pengukuran benda uji berisi dua jenis:

- kesalahan profil permukaan dari dua permukaan bergaris relatif terhadap datum A, B, C;
- kesalahan *straightness* bidang tambahan D (opsional).

### A.5.2 Pengukuran kesalahan profil permukaan dua *ruled surfaces* relatif terhadap datum A, B, C

Kesalahan profil permukaan dari dua *ruled surfaces* relatif terhadap datum dapat diukur dengan CMM (*coordinate measuring machine*) dengan *probe* yang dapat diputar. Sistem koordinat pengukuran harus dibuat berdasarkan tiga datum A, B dan C yang ditunjukkan pada Gambar A.6 .

Pengukuran pada mesin dapat dilakukan berdasarkan kesepakatan bersama antara produsen/pemasok dan pengguna. Saat pengukuran dilakukan pada mesin perkakas, semua titik yang dapat diakses dengan *probe stylus* yang sejajar dengan sumbu Z bagian harus diukur dalam orientasi tersebut. Pengukuran titik-titik yang tidak dapat diakses akibat undercut harus diukur dalam jumlah minimum orientasi sumbu putar yang diperlukan untuk memungkinkan akses ke titik-titik tersebut.

Ukuran pengambilan sampel 100 titik disarankan untuk mengukur kesalahan profil permukaan pada permukaan yang diatur, ukuran pengambilan sampel lainnya pada titik pengukuran yang ditentukan dapat diterapkan sesuai dengan kesepakatan bersama antara produsen/pemasok dan pengguna. Posisi dan vektor pemeriksaan dari titik pengukuran yang direkomendasikan tercantum pada Tabel A.4 , dengan No. 1 sampai 50 mengacu pada permukaan A dan No. 51 sampai 100 mengacu pada permukaan B.

*Probing vectors* adalah arah pendekatan yang direkomendasikan untuk titik *probing*; ini adalah vektor normal pada permukaan dengan tanda yang berubah.

**Tabel A.4 — Posisi dan *probing vectors* dari titik pengukuran yang direkomendasikan**

No.	X mm	Y mm	Z mm	<i>Probing vector</i>		
				I	J	K
1	-130.250 8	-70.852 7	25	0,973 948	-0,054 528	-0,220 116
2	-133.389 7	-70,275 3	11	0,974 431	-0,042 103	-0,220 708
3	-132.608 1	-45.023 2	11	0,971 666	-0,018 916	-0,235 601
4	-129.242 3	-46.164 1	25	0,971 622	-0,025 337	-0,235 179
5	-128.900 6	-21.456 8	25	0,971 337	-0,004 159	-0,237 670
6	-132.314 2	-19.760 3	11	0,971 398	-0,007 038	-0,237 353
7	-131.921 2	5.500 7	11	0,974 209	-0,033 341	-0,223 172
8	-128.762 0	3.252 8	25	0,974 358	-0,015 993	-0,224 434
9	-127.341 3	27.911 3	25	0,973 199	-0,115 068	-0,199 107
10	-129.837 4	30.665 6	11	0,969 376	-0,144 681	-0,198 436
11	-123.311 6	54.996 8	11	0,898 594	-0,396 065	-0,188 841
12	-121.715 2	51.897 7	25	0,909 866	-0,370 311	-0,187 121
13	-106.521 4	70.821 6	25	0,500 153	-0,833 218	-0,235 787
14	-107.508 1	74.190 7	11	0,504 398	-0,830 748	-0,235 458
15	-83.370 4	80.719 1	11	0,042 218	-0,965 967	-0,255 196
16	-82.869 8	77.040 8	25	0,035 654	-0,966 218	-0,255 248
17	-58.460 1	73.947 8	25	-0,275 178	-0,926 854	-0,255 379
18	-58,381 4	77.779 8	11	-0,263 290	-0,930 145	-0,255 945
19	-36.276 9	66.018 7	11	-0,654 739	-0,725 257	-0,212 882
20	-36.830 6	62.385 7	25	-0,634 973	-0,740 989	-0,218 504

Tabel A.4 — Posisi dan *probing vectors* dari titik pengukuran yang direkomendasikan (lanjutan)

No.	X	Y	Z	<i>Probing vector</i>		
	mm	mm	mm	I	J	K
21	-21.886 3	42.909 1	25	-0,888 678	-0,451 591	-0,079 478
22	-21.979 3	45.413 1	11	-0,909 993	-0,409 811	-0,062 988
23	-13.901 2	21.505 3	11	-0,967 295	-0,253 650	-0,001 463
24	-13.456 7	19.731 2	25	-0,966 899	-0,255 154	-0,001 599
25	-7,441 1	-4,235 5	25	-0,970 143	-0,242 536	0,000 000
26	-7.750 2	-2,999 2	11	-0,970 143	-0,242 536	0,000 000
27	-1,421 1	-27.455 5	11	-0,955 441	-0,295 180	-0,000 481
28	-1.214 1	-28.144 7	25	-0,954 100	-0,299 488	-0,000 568
29	9.004 7	-50.564 2	25	-0,843 134	-0,537 656	0,007 141
30	8.842 2	-50.469 6	11	-0,853 036	-0,521 824	0,005 479
31	25.373 1	-69.391 3	11	-0,611 260	-0,788 442	0,068 699
32	25.829 6	-68.438 1	25	-0,569 148	-0,818 388	0,079 449
33	48.474 7	-77.887 4	25	-0,198 343	-0,966 996	0,159 932
34	48.042 2	-80.088 2	11	-0,226 298	-0,961 466	0,156 118
35	73.139 1	-81.464 4	11	0,123 296	-0,973 735	0,191 412
36	73.049 3	-78,729 2	25	0,142 637	-0,971 313	0,190 278
37	95.460 7	-69.167 1	25	0,647 900	-0,729 665	0,218 666
38	96.416 9	-72.468 1	11	0,607 684	-0,763 340	0,219 164
39	109.844 1	-51.494 3	11	0,931 217	-0,305 856	0,198 208
40	107.962 3	-48,201 3	25	0,935 488	-0,295 277	0,194 096
41	112.412 6	-23.943 5	25	0,981 989	-0,087 607	0,167 399
42	114.550 2	-26.723 5	11	0,981 229	-0,093 769	0,168 512
43	115.795 3	-1,495 6	11	0,984 529	-0,017 921	0,174 303
44	113.323 6	0,741 6	25	0,984 347	-0,000 073	0,176 242
45	113.131 4	25.450 9	25	0,979 033	0,005 289	0,203 633
46	116.029 4	23.768 0	11	0,979 339	-0,008 105	0,202 063
47	116.438 2	49.029 1	11	0,975 474	-0,025 272	0,218 658
48	113.325 3	50.159 5	25	0,975 471	-0,022 566	0,218 966
49	114.294 7	74.849 6	25	0,974 999	-0,053 575	0,215 655
50	117.364 1	74.276 4	11	0,975 304	-0,046 078	0,216 006
51	124.100 6	74.874 5	25	-0,972 942	0,061 409	-0,222 738
52	127.276 1	74.331 7	11	-0,973 585	0,048 860	-0,223 037
53	126.277 2	49.137 1	11	-0,971 303	0,028 402	-0,236 144
54	122.907 2	50.204 7	25	-0,971 191	0,032 497	-0,236 074
55	122.437 0	25.510 5	25	-0,972 525	0,005 444	-0,232 733
56	125.772 5	23.927 6	11	-0,972 500	0,011 808	-0,232 603
57	125.518 8	-1,285 9	11	-0,977 374	0,013 112	-0,211 114
58	122.503 5	0,811 3	25	-0,977 457	-0,005 581	-0,211 059
59	122.172 9	-23.882 5	25	-0,982 470	0,051 857	-0,179 064
60	124.559 0	-26.477 7	11	-0,980 420	0,079 948	-0,179 960
61	120.098 0	-51.242 5	11	-0,940 101	0,291 901	-0,176 077
62	118.398 2	-48.234 7	25	-0,945 200	0,275 735	-0,174 834
63	107.256 9	-70.086 9	25	-0,753 195	0,622 473	-0,212 660
64	108.458 2	-73,420 5	11	-0,746 941	0,629 450	-0,214 178
65	88.022 5	-87.697 8	11	-0,338 711	0,911 887	-0,231 813
66	87.426 6	-84.354 8	25	-0,354 909	0,905 731	-0,231 713
67	63.252 3	-88.709 6	25	-0,006 602	0,978 398	-0,206 626
68	63.263 9	-91.643 3	11	0,017 199	0,978 929	-0,203 477
69	38.562 8	-87,171 9	11	0,337 359	0,930 755	-0,141 012
70	38.914 9	-85.114 7	25	0,296 849	0,943 030	-0,150 250



**Tabel A.4 — Posisi dan *probing vectors* dari titik pengukuran yang direkomendasikan (lanjutan)**

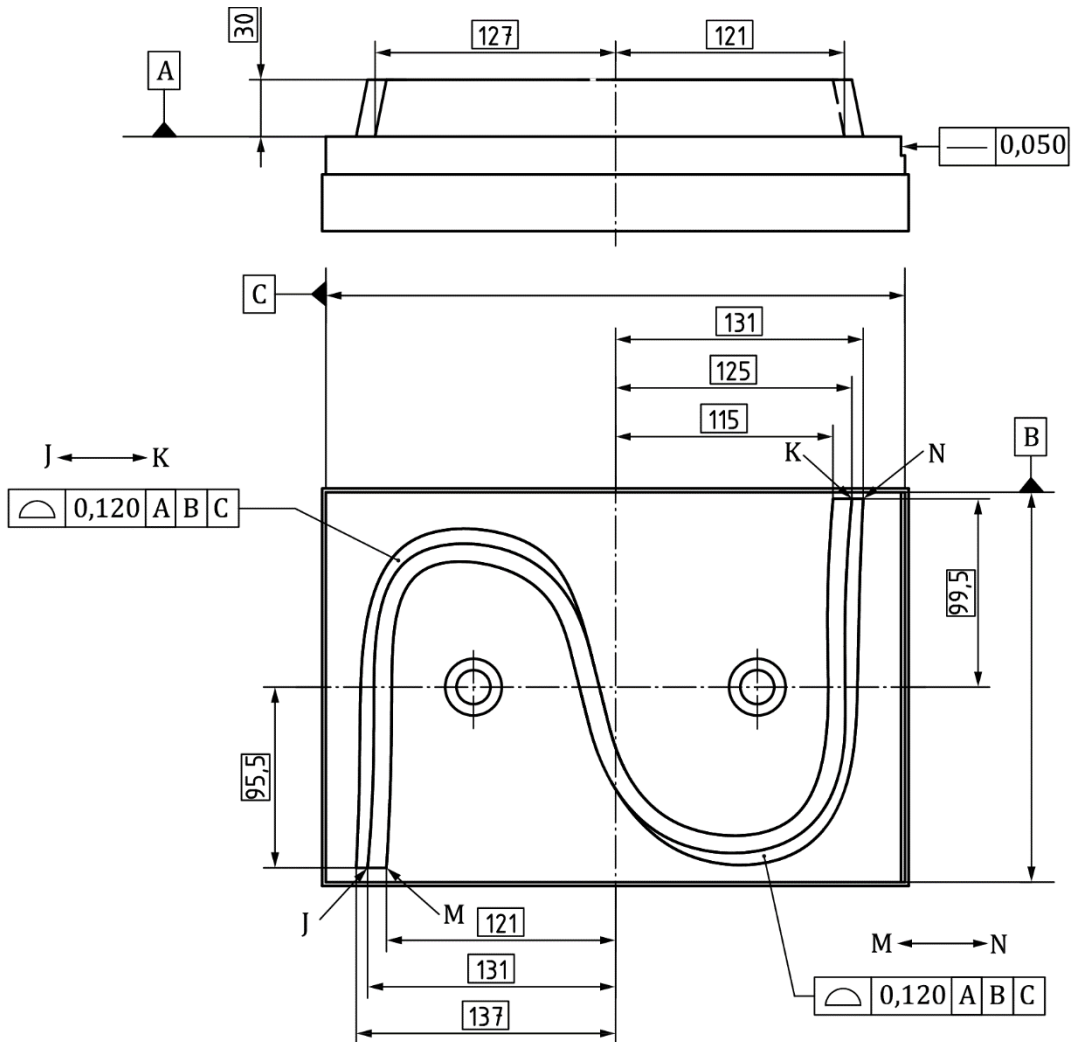
No.	X	Y	Z	<i>Probing vector</i>		
	mm	mm	mm	I	J	K
71	17.273 2	-73.521 5	25	0,627 245	0,776 628	-0,058 412
72	17.041 6	-74,320 3	11	0,658 419	0,750 973	-0,050 236
73	0,821 7	-55.124 7	11	0,843 230	0,537 544	-0,003 176
74	0,904 5	-55.157 8	25	0,836 208	0,548 397	-0,004 240
75	-10,011 0	-33.064 0	25	0,940 586	0,339 553	0,001 428
76	-10,192 8	-32.501 4	11	0,941 581	0,336 784	0,001 311
77	-16.945 0	-8,220 0	11	0,970 143	0,242 536	0,000 000
78	-16.676 5	-9,294 1	25	0,970 143	0,242 536	0,000 000
79	-22,667 0	14.668 0	25	0,970 143	0,242 536	0,000 000
80	-23.060 5	16.242 0	11	0,970 143	0,242 536	0,000 000
81	-30.625 9	40.260 2	11	0,914 105	0,404 059	0,033 893
82	-30.215 9	38.140 2	25	0,904 168	0,425 437	0,038 516
83	-45.786 7	56.917 8	25	0,560 070	0,809 055	0,178 188
84	-45.810 5	60.003 1	11	0,582 560	0,794 130	0,173 150
85	-68.900 4	69.640 8	11	0,194 258	0,953 512	0,230 389
86	-68.505 2	66.177 8	25	0,194 590	0,953 455	0,230 343
87	-93.012 6	66.346 9	25	-0,230 411	0,944 674	0,233 455
88	-93.898 9	69.583 8	11	-0,250 726	0,939 676	0,232 690
89	-113.126 5	54.417 7	11	-0,857 717	0,483 991	0,173 417
90	-111.836 8	51.655 6	25	-0,873 107	0,456 310	0,171 658
91	-118.115 2	27.907 8	25	-0,975 477	0,109 454	0,190 959
92	-120.518 5	30.453 3	11	-0,971 071	0,145 200	0,189 574
93	-122.317 4	5.319 8	11	-0,976 722	0,022 232	0,213 353
94	-119.288 3	3.246 7	25	-0,976 722	0,011 286	0,214 212
95	-119,473 0	-21.452 1	25	-0,975 558	0,009 609	0,219 531
96	-122.609 0	-19.893 2	11	-0,975 561	0,008 840	0,219 550
97	-122.972 5	-45.105 3	11	-0,976 241	0,020 668	0,215 701
98	-119.905 7	-46.147 5	25	-0,976 197	0,025 310	0,215 404
99	-120.756 8	-70,832 0	25	-0,977 492	0,041 817	0,206 787
100	-123.699 3	-70,309 4	11	-0,977 681	0,035 660	0,207 044

## A.6 Evaluasi

Kriteria evaluasi dan toleransi yang disarankan diberikan pada Tabel A.5 dan Gambar A.7 . Nilai sebenarnya bergantung pada kesepakatan bersama antara pemasok/produsen dan pengguna.

**Tabel A.5 — Kriteria evaluasi**

Jenis evaluasi	Toleransi yang disarankan
Toleransi profil permukaan terkait dengan datum A, B, C, dari dua permukaan bergaris	0,120 mm (lihat Gambar A.7 )
<i>Straightness</i> bidang tambahan D (opsional)	0,050 mm (lihat Gambar A.7 )



Gambar A.7 — Toleransi yang disarankan

### A.7 Laporan pengujian

Template laporan yang direkomendasikan diberikan pada Tabel A.6 .

Tabel A.6 — *Template* laporan pengujian yang direkomendasikan

Kondisi pemotongan	<p><i>Machining centre:</i>  Tanggal pemotongan:  Material:  Pahat potong:  – Diameter:  – Panjang:  – Mata potong:  – Material:</p> <p>Parameter pemotongan:  – Kedalaman potong aksial:  – Kedalaman potong radial:  – Kecepatan <i>spindle</i>:  – Kecepatan makan:  – Pengaturan Akselerasi/Deselerasi:  – Tipe pengontrol interpolasi:</p>
Pengukuran profil permukaan	<p>Instrumen:  Tanggal pengukuran:  Data terukur:  No X (mm) Y (mm) Z (mm) Kesalahan (mm)  1  2  3  ...  100</p>
Pengukuran <i>straightness</i>  (opsional)	<p>Instrumen:  Tanggal pengukuran:  Data terukur:</p>
Evaluasi	<p>Kesalahan profil permukaan dari permukaan aturan A relatif terhadap datum A,B,C:  Kesalahan profil permukaan dari permukaan aturan B relatif terhadap datum A,B,C:  Kesalahan <i>straightness</i> bidang tambahan D (opsional):</p>

## Bibliografi

- [1] ISO 129-1, Technical product documentation (TPD) — Presentation of dimensions and tolerances —Part 1: General principles
- [2] ISO 230-4, Test code for machine tools — Part 4: Circular tests for numerically controlled machine tools
- [3] ISO 1101:2017, Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Tolerances of form, orientation, location and run-out
- [4] ISO 1832, Indexable inserts for cutting tools — Designation
- [5] ISO 2768-1, General tolerances — Part 1: Tolerances for linear and angular dimensions without individual tolerance indications
- [6] ISO 6462, Face and shoulder milling cutters with indexable inserts — Dimensions
- [7] ISO 26303, Machine tools — Short-term capability evaluation of machining processes on metalcutting machine tools
- [8] Mou W.P., Song Z.Y., Guo Z.P., et al. , A Machining Test to Reflect Dynamic Machining Accuracy of Five-Axis Machine Tools. *Advanced Materials Research*. 2012, 622–623 pp. 414–419
- [9] Jiang Z., Ding J., Song Z., et al. , Modeling and simulation of surface morphology abnormality of ‘S’ test piece machined by five-axis CNC machine tool. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2015, pp. 1–15
- [10] Wang W., Jiang Z., Tao W., et al. , A new test part to identify performance of five-axis machine tool—part I: geometrical and kinematic characteristics of S part. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2015,79 pp. 1–10
- [11] Wang W., Jiang Z., Li Q., et al. , A new test part to identify performance of five-axis machine tool—Part II validation of S part. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2015, 79 (5–8) pp. 739–756
- [12] Su Z., Wang L., Latest development of a new standard for the testing of five-axis machine tools using an S-shaped test piece. *Proc. Inst. Mech. Eng., B J. Eng. Manuf.* 2015, 229 (7) pp. 1221–1228
- [13] Xie D., Ding J., Liu F., et al. , Modeling errors forming abnormal tool marks on a twisted ruled surface in flank milling of the five-axis CNC. *Journal of Mechanical Science & Technology.* 2015, 28 (11) pp. 4717–4726
- [14] Bossoni S, Geometric and dynamic evaluation and optimization of machining centres, *Fortschrittsberichte VDI Reihe 2 Nr. 672.* Düsseldorf. VDI Verlag 2010

## **Informasi pendukung terkait perumus standar**

### **[1] Komtek perumus SNI**

Komite Teknis 25-01, Sistem Otomasi Industri

### **[2] Susunan keanggotaan Komtek perumus SNI**

Ketua : Nasril  
Sekretaris : Eka Candra Wayana  
Anggota : Tri Prakosa  
Hardono  
Antonius Fernando  
Pujiyanto  
Furkan Jadid  
Febri Setianto  
Arfi'an Fuadi  
Robby Marlon Brando  
Agus Krisnowo

### **[3] Konseptor rancangan SNI**

Hardono  
Ahmad Musthofa  
Ratna Mayasari  
Robby Marlon Brando  
Sari Andarwati Kunharyanto

### **[4] Sekretariat pengelola Komtek perumus SNI**

Direktorat Pengembangan Standar Mekanika, Energi, Infrastruktur, dan Teknologi  
Informasi – Badan Standardisasi Nasional