

**PENGUKURAN KETELITIAN GEOMETRI
MESIN BUBUT BV20L-1 BERDASARKAN STANDAR ISO 1708
(GEOMETRIC ACCURACY MEASUREMENT OF THE BV20L-1 LATHE MACHINE
BASED ON ISO 1708 STANDARD)**

Marfizar¹, Dedi Wardianto^{2*}, Ilham Febriandi³

^{1,3*}Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Jambi
Jl. Kapten Patimura No. 100, Kel. Rawasari, Kec. Alam Barajo, Jambi,

^{2*}Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Padang
Indonesia

*Corresponding Author: dewa@itp.ac.id

Abstract

The geometric accuracy of a lathe machine is one of the important factors that determines the quality of machining results. This study aims to evaluate the geometric condition of the BV20L-1 lathe machine based on the ISO 1708 standard through testing of bed flatness (G1), parallelism of carriage movement to the spindle axis (G2), perpendicularity of cross-slide movement (G3), radial and axial spindle run-out (G4), and measurements on the main spindle (G5). The research method involved direct measurements using precision measuring instruments, with each test conducted three times to obtain more accurate results.

The test results showed that the lathe bed flatness remained in relatively good condition, although deviations were observed at several measurement points. The parallelism of carriage movement relative to the spindle axis exhibited maximum deviations of 0.013 mm in the horizontal direction and 0.011 mm in the vertical direction. The main spindle accuracy measurement produced an average deviation of 0.00967 mm, while the maximum spindle run-out value was 0.0025 mm. Measurements on the main spindle showed an average deviation of 0.0093 mm. All test results were within the tolerance limits specified by the ISO 1708 standard.

Based on the findings, it can be concluded that the BV20L-1 lathe machine still possesses good geometric condition and is suitable for turning operations requiring adequate machining accuracy. Regular maintenance and calibration are recommended to maintain the machine's performance and accuracy over the long term.

Keywords: Lathe machine, geometric accuracy, ISO 1708, spindle, run-out, carriage alignment.

Abstrak

Ketelitian geometrik mesin bubut merupakan salah satu faktor penting yang menentukan kualitas hasil pemrosesan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi geometrik mesin bubut BV20L-1 berdasarkan standar ISO 1708 melalui pengujian kerataan alas mesin (G1), kesejajaran gerak eretan terhadap sumbu spindle (G2), ketegaklurusan gerak eretan melintang (G3), run-out spindle arah radial dan aksial (G4), serta pengukuran pada spindle utama (G5). Metode penelitian dilakukan dengan pengukuran langsung menggunakan alat ukur presisi dan setiap pengujian dilakukan sebanyak tiga kali untuk memperoleh hasil yang lebih akurat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kerataan alas mesin masih berada pada kondisi yang relatif baik meskipun terdapat penyimpangan pada beberapa titik pengukuran. Kesejajaran gerak eretan terhadap sumbu spindle memiliki penyimpangan maksimum sebesar 0,013 mm pada arah horizontal dan 0,011 mm pada arah vertikal. Pengukuran ketelitian spindle utama menghasilkan rata-rata penyimpangan sebesar 0,00967 mm, sedangkan nilai run-out spindle maksimum sebesar 0,0025 mm. Pengukuran pada spindle utama menunjukkan rata-rata penyimpangan sebesar 0,0093 mm. Seluruh hasil pengujian masih berada dalam batas toleransi yang diperkenankan oleh standar ISO 1708.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa mesin bubut BV20L-1 masih memiliki kondisi geometrik yang baik dan layak digunakan untuk proses pembubutan dengan tingkat ketelitian yang memadai. Perawatan dan kalibrasi berkala tetap diperlukan untuk menjaga kinerja dan akurasi mesin dalam jangka panjang.

Kata kunci : Mesin bubut, ketelitian geometrik, ISO 1708, spindle, run-out, kesejajaran eretan.

1. PENDAHULUAN

Mesin bubut merupakan salah satu jenis mesin perkakas yang digunakan dalam proses manufaktur untuk menghasilkan benda kerja berbentuk silindris [1]. Proses pembentukan benda kerja dilakukan dengan menyayat material menggunakan pahat potong pada benda kerja yang berputar pada sumbunya [2]. Mesin perkakas berperan penting dalam industri manufaktur karena sebagian besar produk logam dihasilkan melalui berbagai proses pemesinan. Kemampuan mesin bubut dalam melakukan proses pengerjaan material dipengaruhi oleh kondisi dan kinerja komponen-komponen penyusunnya [3]. Secara umum, komponen mesin bubut terdiri atas komponen bergerak dan komponen tidak bergerak. Komponen bergerak meliputi bantalan, motor penggerak, dan sistem transmisi, sedangkan komponen tidak bergerak meliputi tool post, cross slide, tailstock, saddle, dan bed. Kondisi komponen-komponen tersebut berpengaruh terhadap rigiditas mesin selama proses pemesinan berlangsung [4]. Rigiditas mesin bubut dipengaruhi oleh gaya statis yang berasal dari komponen tetap serta gaya dinamis yang timbul akibat pergerakan komponen mesin. Tingkat rigiditas yang baik diperlukan untuk menjaga kestabilan proses pemotongan dan menghasilkan kualitas produk yang sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan [5]. Oleh karena itu, diperlukan pengujian terhadap kondisi mesin untuk memastikan performanya masih memenuhi standar operasional yang berlaku. Selain rigiditas, ketelitian geometrik merupakan parameter penting dalam menentukan kualitas dan akurasi mesin bubut. Ketelitian geometrik berkaitan dengan hubungan geometris antar komponen utama mesin, seperti spindle, bed, tailstock, dan carriage. Penyimpangan geometrik pada komponen tersebut dapat menyebabkan cacat pemesinan berupa ketirisan, ketidaksentrisan, dan penyimpangan dimensi benda kerja [6]. Untuk mengetahui kondisi geometrik mesin bubut, diperlukan pengujian berdasarkan standar yang telah ditetapkan. Salah satu standar internasional yang digunakan untuk pengujian geometrik mesin bubut adalah ISO 1708 yang mengatur metode pengujian serta batas toleransi penyimpangan geometrik pada mesin bubut umum [7]. Mesin bubut BV20L-1 merupakan salah satu mesin yang banyak digunakan dalam kegiatan praktikum maupun proses pemesinan ringan. Penggunaan mesin secara terus-menerus dalam jangka waktu yang panjang dapat menyebabkan terjadinya keausan dan penyimpangan geometrik pada komponen utama mesin [8]. Oleh karena itu, pengukuran geometrik perlu dilakukan untuk mengevaluasi tingkat ketelitian mesin bubut BV20L-1 berdasarkan standar ISO 1708.

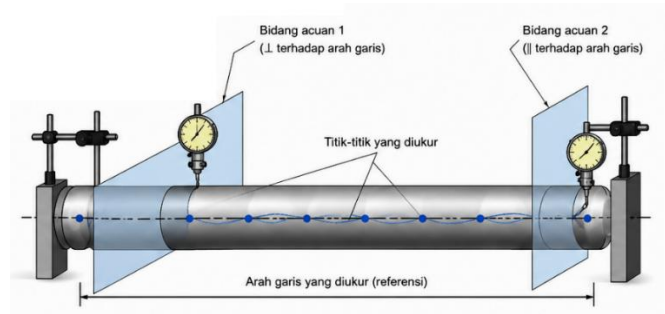
1.1 Ketelitian Geometrik Mesin Bubut

Pengujian ketelitian geometrik pada mesin bubut dilakukan untuk mengevaluasi tingkat keakuratan posisi dan hubungan geometris antar komponen utama mesin. Pengujian ini mengacu pada standar internasional ISO 1708 yang menjelaskan metode pemeriksaan serta batas toleransi yang diperbolehkan pada mesin bubut umum. Melalui pengujian geometrik, kondisi mesin dapat diketahui sehingga kualitas dan ketepatan hasil pemesinan dapat tetap terjaga [9].

1.1.1 Kelurusan (Straightness)

Kelurusan (*straightness*) merupakan karakteristik geometrik yang menunjukkan sejauh mana suatu garis, lintasan, atau permukaan berada pada kondisi lurus sesuai dengan garis referensi ideal dalam batas toleransi yang ditetapkan. Suatu elemen dikatakan memiliki kelurusan yang baik apabila penyimpangan yang terjadi masih berada dalam rentang toleransi yang diizinkan [10].

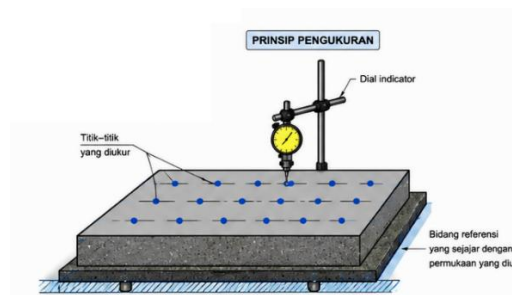
Pada mesin bubut, kelurusan gerak diartikan sebagai tingkat kesesuaian lintasan pergerakan suatu komponen terhadap garis acuan yang searah dengan arah geraknya. Pengujian kelurusan bertujuan untuk mengukur besarnya deviasi atau penyimpangan lintasan gerak dari kondisi ideal. Hasil pengukuran tersebut digunakan untuk menilai tingkat ketelitian geometrik mesin serta memastikan bahwa komponen mekanis masih bekerja sesuai standar yang berlaku [9], [11].



Gambar 1. Pengukuran Kelurusan [12]

1.1.2 Kerataan (Flatness)

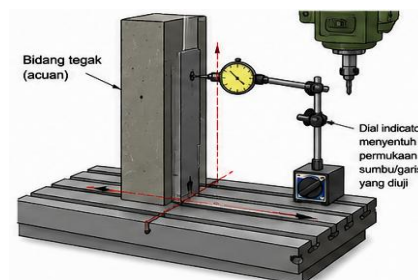
Kerataan (*flatness*) merupakan karakteristik geometrik suatu permukaan yang menunjukkan tingkat keseragaman permukaan tersebut terhadap suatu bidang acuan ideal. Penyimpangan kerataan dinyatakan sebagai variasi jarak tegak lurus antara titik-titik pada permukaan dengan bidang referensi yang sejajar, yang nilainya harus berada dalam batas toleransi yang telah ditentukan. Suatu permukaan dianggap memiliki tingkat kerataan yang baik apabila seluruh penyimpangannya masih berada dalam rentang toleransi yang diizinkan [1].



Gambar 2. Pengukuran Kerataan [12]

1.1.3 Ketegak Lurusan (Squareness)

Ketegaklurusan (*squareness*) merupakan karakteristik geometrik yang menunjukkan hubungan sudut antara dua elemen geometrik, seperti garis, sumbu, bidang, atau arah gerak suatu komponen terhadap komponen lainnya. Suatu garis terhadap garis lain, garis terhadap bidang, maupun dua bidang dikatakan tegak lurus apabila membentuk sudut nominal 90° dan penyimpangan yang terjadi masih berada dalam batas toleransi yang telah ditetapkan. Karakteristik ini sangat penting untuk menjamin akurasi posisi dan fungsi komponen pada mesin perkakas [1]



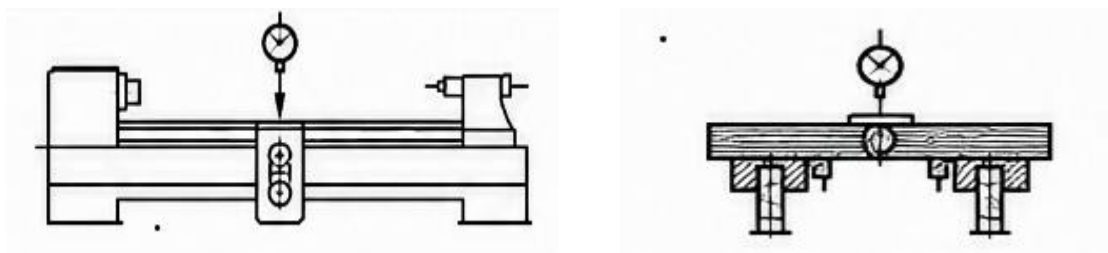
Gambar 2. Pengukuran Ketegak lurusan [12]

1.2 Standar ISO 1708

ISO 1708 adalah standar internasional yang mengatur kondisi penerimaan dan metode pengujian ketelitian geometrik serta ketelitian kerja mesin bubut paralel konvensional (general-purpose parallel lathes). Standar ini diterbitkan oleh International Organization for Standardization (ISO) sebagai acuan untuk memastikan bahwa mesin bubut yang diproduksi atau digunakan memenuhi tingkat akurasi yang dipersyaratkan. [12] Meliputi :

Pemeriksaan Geometri Bed Mesin terhadap Kerataan dan Kelurusan (G1)

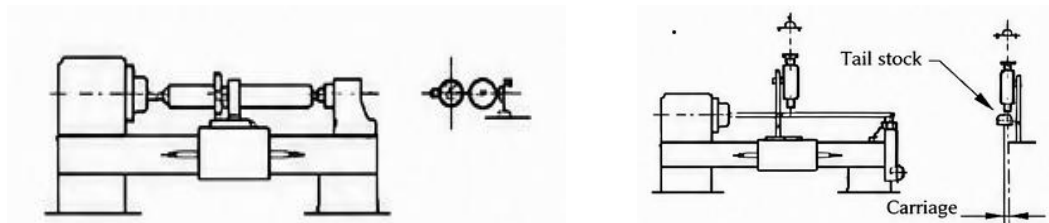
Pengujian G1 bertujuan memeriksa kerataan dan kelurusan alas mesin (*bed*) pada arah memanjang maupun melintang. Bed mesin harus rata dan lurus agar gerakan eretan tetap stabil serta hasil pembubutan tidak mengalami penyimpangan. Alat ukur yang digunakan biasanya: *Precision level*, *Dial indicator*, *Straight edge*



Gambar 3. Pemeriksaan Geometri Bed Mesin terhadap Kerataan dan Kelurusan [12]

Pemeriksaan Kesejajaran Gerak Eretan terhadap Sumbu Spindle (G2)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah gerakan eretan memanjang sejajar terhadap sumbu spindle. Jika tidak sejajar, maka hasil pembubutan akan menjadi tirus. Alat ukur yang digunakan, *Dial indicator*, *Test bar*



Gambar 4. Pemeriksaan Kesejajaran Gerak Eretan terhadap Sumbu Spindle [12]

Pemeriksaan Ketegak lurusan Gerak Eretan Melintang (G3)

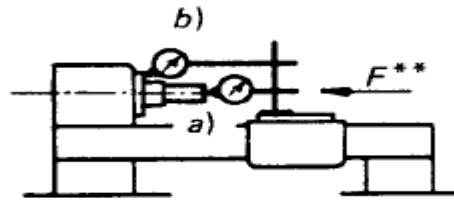
Pengujian G3 bertujuan memeriksa apakah gerak eretan melintang tegak lurus terhadap sumbu spindle. Ketidaktegaklurusan dapat menyebabkan permukaan hasil facing tidak rata. Alat ukur: *Dial indicator*, *Test mandrel*.



Gambar 5. Pemeriksaan Ketegaklurusan Gerak Eretan Melintang [12]

Pemeriksaan Kesenteran dan Putaran Spindle (G4)

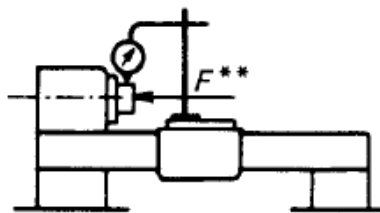
Pengujian ini digunakan untuk memeriksa ketelitian putaran spindle, termasuk penyimpangan radial dan aksial spindle. Tujuan pengujian: Mengetahui run-out spindle, Memastikan spindle berputar stabil. Alat ukur, Dial indicator



Gambar 6. Pemeriksaan Kesenteran dan Putaran Spindle [12]

Pengukuran penyimpangan putaran (run-out) (G5)

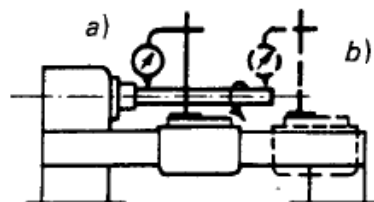
Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui besarnya penyimpangan putaran pada bagian depan spindle (spindle nose) yang berfungsi sebagaiudukan atau pemusat alat bantu maupun benda kerja. Penyimpangan putaran (run-out) terjadi apabila sumbu putaran spindle tidak benar-benar sejajar atau berpusat saat spindle berputar.



Gambar 7 Pemeriksaan Kesenteran dan Putaran Spindle [12]

Pengujian Run-Out Sumbu Spindle (G6)

Pengukuran penyimpangan putaran sumbu spindle (run-out of axis of centre) adalah proses pemeriksaan untuk mengetahui besarnya penyimpangan sumbu putar spindle terhadap garis sumbu putar ideal saat spindle berputar. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan apakah spindle berputar secara konsentris dan stabil atau mengalami oleng (run-out). Alat yang digunakan; *Dial indicator*, *Magnetic stand*



Gambar 8 Pengujian Run-Out Sumbu Spindle (G6) [12]

1.3 Batasan Toleransi Pengujian Ketelitian Mesin Bubut Berdasarkan ISO 1708 (G1 – G7)

Nilai toleransi yang digunakan dalam pengujian ketelitian geometrik mesin bubut. Parameter yang diperiksa meliputi kerataan dan kelurusan bed mesin, kesejajaran gerak eretan, ketegaklurusan gerak melintang, *run-out* spindle, serta kesejajaran tailstock. Nilai toleransi tersebut digunakan sebagai

acuan untuk mengevaluasi tingkat akurasi geometrik dan kelayakan operasi mesin bubut [12] seperti terlihat table 1 dibawah,

Tabel 1. Nilai toleransi Pengujian Ketelitian Mesin Bubut [12]

Kode Pengujian	Jenis Pengujian	Batas Toleransi Umum
G1	Kerataan dan kelurusan bed mesin	0,02 – 0,04 mm per 1000 mm
G2	Kesejajaran gerak eretan terhadap sumbu spindle	0,02 mm per 300 mm
G3	Ketegaklurusan gerak eretan melintang terhadap spindle	0,02 mm per 300 mm
G4	Run-out spindle (radial dan aksial)	0,005 – 0,01 mm
G5	Kesejajaran sumbu tailstock terhadap spindle	0,02 mm per 300 mm

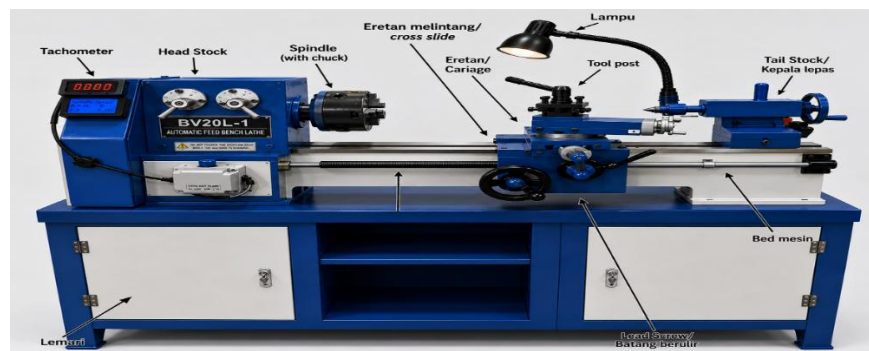
2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode **eksperimental (experimental research)** melalui kegiatan pengamatan dan pengukuran ketelitian geometrik komponen mesin bubut berdasarkan standar **ISO 1708**. Objek penelitian adalah mesin bubut tipe **BV20L-1**, yang dievaluasi untuk mengetahui tingkat akurasi geometriknnya sesuai prosedur pengujian yang telah ditetapkan [12].

Mesin bubut yang digunakan dalam penelitian ini adalah **BV20L-1** dengan kapasitas **swing over bed** 220 mm, jarak antar senter 520 mm, dan rentang putaran spindle 140–1710 rpm. Mesin ini dilengkapi spindle bore 20 mm, motor berdaya 370 W, serta sistem ulir dengan rentang pemakanan 0,4–3 mm dan 56–8 TPI. Spesifikasi lengkap mesin yang digunakan sebagai objek pengujian ditunjukkan pada Tabel 2 (*BV20L-1 Technical Specification, 2024*).

Tabel. 2 Spesifikasi Teknis Mesin Bubut Tipe BV20L-1

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Tinggi Senter	110 mm
2	Diameter Maksimum di Atas Bed	220 mm
3	Jarak Antar Senter	520 mm
4	Diameter Maksimum di Atas Eretan	115 mm
5	Diameter Lubang Spindle	20 mm
6	Tirus Kepala Tetap	MT3
7	Kecepatan Putar Spindle	140–1710 rpm
8	Rentang Pembuatan Ulir Metrik	0,4–3 mm
9	Rentang Ulir Inch	56–8 TPI
10	Langkah Gerak Kepala Lepas	40 mm
11	Tirus Kepala Lepas	MT2
12	Daya Motor	370 W
13	Berat Mesin	125 kgf
14	Dimensi Mesin	125 × 57 × 54 cm



Gambar 8 Mesin Bubut tipe BV20L-1

Adapun untuk Alat-alat akan yang digunakan dalam pengujian ialah sebagai berikut :

Tabel 3 Spesifikasi Precision level

Alat ukur	Spesifikasi	Fungsi
Mitutoyo 	Material: Stainless Steel Sensitivitas: 0.02 mm/m Akurasi Kelulusan: ± 0.01 mm/m Dimensi $200 \times 44 \times 38.2$ mm Jenis: Analog/Bubble Level	Alat ukur presisi yang digunakan untuk memeriksa tingkat kerataan (flatness) dan kedataran suatu permukaan
Mitutoyo 	Rentang Pengukuran: 0 – 1 mm (0 – 0.04 inci). Resolusi: Interval: 0.01 mm (0.001 inci). Akurasi: ± 0.01 mm (± 0.0005 inci).	digunakan untuk mengukur penyimpangan, kerataan, kelurusan, kesejajaran, dan run-out suatu komponen mesin dengan ketelitian tinggi
Garant 	Standar : DIN 862 Rentang Pengukur: 0 – 150 mm Skala Pembagia: 0,02 mm Pembacaan: mm / inch Graduasi : 1/50 mm Graduasi Inch: 1/128 in Depth Gauge: $\varnothing 1,9$ mm Panjang Rahang: 40 mm	alat ukur presisi yang digunakan untuk mengukur dimensi luar, dimensi dalam, panjang, serta kedalaman suatu benda. Alat ini memiliki tingkat ketelitian yang tinggi dan dapat digunakan pada sistem satuan metrik (mm) maupun imperial (inci)
Straight Edge	Standar: DIN 874 / JIS B 7516 / ISO 8512 Panjang (L): 150 mm – 1000 mm (bervariasi) Lebar (W): 20 mm – 50 mm (bervariasi) Tebal (H): 5 mm – 15 mm Kelurusan :	Straight Edge digunakan sebagai acuan untuk memeriksa kerataan dan kelurusan permukaan pada pengujian ketelitian mesin bubut sesuai ISO 1708

	$\leq 0,005 \text{ mm/m (Grade 0)}$ $\leq 0,02 \text{ mm/m (Grade 1)}$	
Mandrel 	Kekerasan: $\pm 58 - 62 \text{ HRC}$ Standar: DIN 229 / ISO 230 Panjang: 200 mm – 500 mm Diameter: 20 mm – 50 mm Kelurusan: $\leq 0,005 \text{ mm/100 mm}$ Konsentrisitas $\leq 0,003 \text{ mm}$	sebagai alat bantu presisi untuk memegang, memusatkan, dan memeriksa konsentrisitas serta kelurusan komponen silinder pada proses machining dan inspeksi.

2.1 Pelaksanaan Pengujian dan Pengumpulan Data Ketelitian Geometrik

Pengujian dan pengumpulan data ketelitian geometrik dilakukan pada mesin bubut **BV20L-1** untuk mengevaluasi tingkat akurasi geometriaknya sesuai prosedur pengujian yang mengacu pada **ISO 1708**. Tahapan pengujian yang dilakukan meliputi beberapa parameter ketelitian geometrik sebagai berikut [12].

2.1.1 Pengukuran kerataan Terhadap Alas Mesin *Bed*. (G1)

Pengukuran kerataan alas mesin bed (G1) dilakukan untuk mengetahui tingkat kerataan dan kelurusan permukaan bed mesin terhadap bidang referensi. Pengujian ini bertujuan memastikan gerakan eretan tetap stabil dan hasil pembubutan tetap presisi. dengan tahapan sebagai berikut :

- Bersihkan permukaan bed mesin.
- Letakkan precision level atau straight edge di atas bed mesin.
- Pasang dial indicator pada magnetic stand.
- Lakukan pengukuran pada arah memanjang dan melintang bed mesin.
- Catat nilai penyimpangan yang terbaca pada dial indicator.
- Bandingkan hasil pengukuran dengan toleransi ISO 1708.

2.1.2 Pemeriksaan Kesejajaran Gerak Eretan terhadap Sumbu Spindle. (G2)

Pengukuran ketegaklurusan ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian posisi sumbu headstock terhadap sumbu tailstock pada mesin bubut. Pengujian bertujuan memastikan kedua sumbu berada pada posisi sejajar dan tepat sehingga hasil pembubutan tidak tirus. Langkah sebagai berikut [12]:

- Bersihkan spindle headstock dan tailstock.
- Pasang test mandrel pada spindle headstock.
- Pasang dial indicator pada carriage atau magnetic stand.
- Gerakkan dial indicator sepanjang permukaan test mandrel.
- Catat nilai penyimpangan yang terbaca.

- Bandingkan hasil pengukuran dengan toleransi ISO 1708.

2.1.3 Kesejajaran Tail Stock Relatif Terhadap Gerak Pindah Eretan. (G3)

Pengukuran ini dilakukan untuk memeriksa kesejajaran posisi tailstock terhadap gerakan memanjang eretan pada mesin bubut. Pengujian bertujuan memastikan benda kerja tetap sejajar saat proses pembubutan sehingga tidak terjadi ketirusan. Adapun tahapannya sebagai berikut :

- Bersihkan permukaan bed mesin dan tailstock.
- Pasang test mandrel di antara spindle dan tailstock.
- Pasang dial indicator pada eretan (carriage).
- Sentuhkan probe dial indicator pada permukaan test mandrel.
- Gerakkan eretan sepanjang bed mesin.
- Catat nilai penyimpangan yang terbaca pada dial indicator.
- Bandingkan hasil pengukuran dengan toleransi ISO 1708.

2.1.4 Run-out spindle arah radial dan aksial (G4)

Run-out spindle (radial dan aksial) digunakan untuk mengukur tingkat penyimpangan putaran spindle terhadap sumbu putarnya.

Run-out Radial

Digunakan untuk mengukur:

- penyimpangan putaran spindle ke arah samping/radial,
- kelurusan putaran spindle,
- keolengan (eccentricity) spindle saat berputar.

Run-out Aksial

Digunakan untuk mengukur:

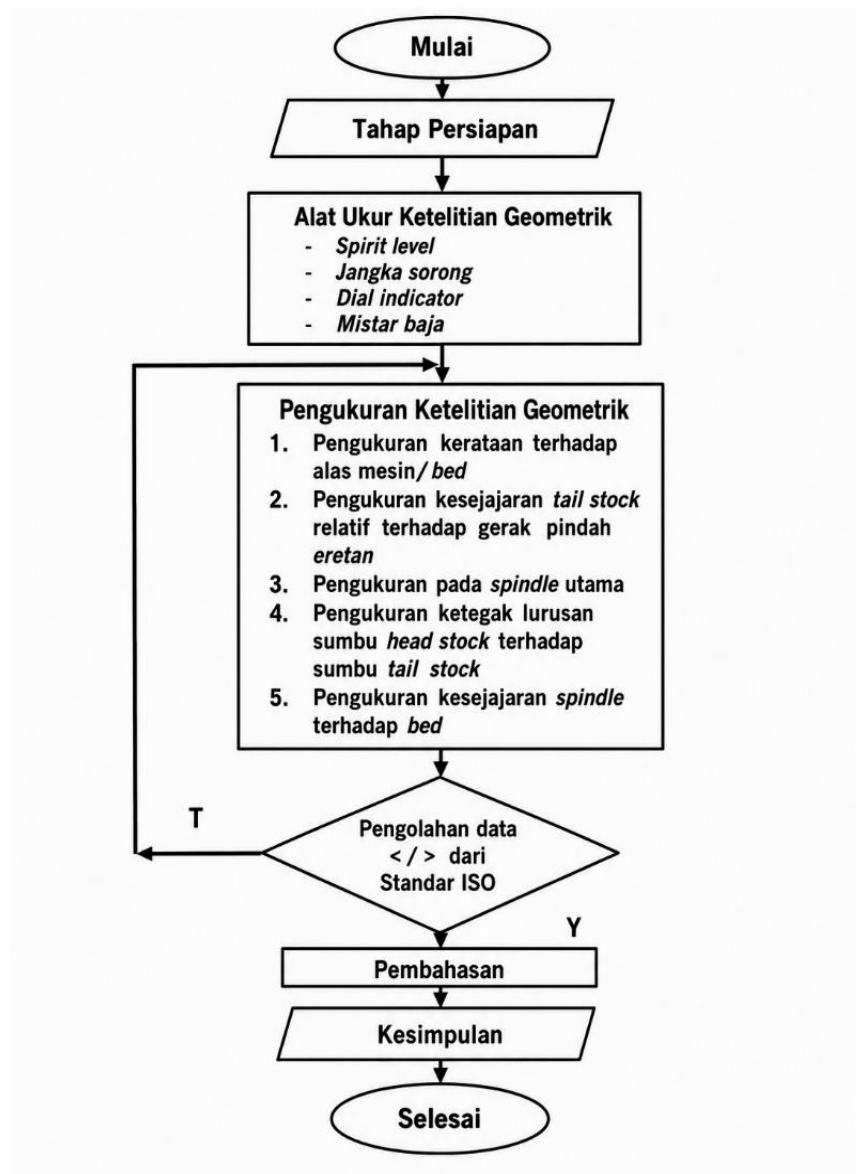
- penyimpangan spindle ke arah memanjang/aksial,
- gerakan maju-mundur spindle (end play),
- kestabilan posisi spindle sepanjang sumbu putar.

2.1.5 Pengukuran pada Spindel Utama (G5)

Pengukuran pada spindel utama dilakukan untuk mengetahui ketelitian putaran dan kesejajaran sumbu spindle mesin bubut. Pengujian ini bertujuan memastikan spindle berputar stabil dan konsentris sehingga hasil pembubutan tetap presisi. Namun tahapannya sebagai berikut :

- Bersihkan spindle dan area pengukuran.
- Pasang test mandrel pada spindle utama.
- Pasang dial indicator pada magnetic stand.
- Tempelkan probe dial indicator pada permukaan test mandrel.
- Putar spindle secara perlahan satu putaran penuh.
- Catat nilai penyimpangan maksimum dan minimum.
- Bandingkan hasil pengukuran dengan toleransi ISO 1708.

Tahapan pengujian ketelitian geometrik mesin bubut berdasarkan standar ISO 1708 mulai dari persiapan alat ukur hingga pengolahan data. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan standar ISO untuk menentukan kelayakan dan ketelitian mesin bubut. Seperti tergambar diagram alir dibawah ini:



Gambar 9. Diagram alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah pelaksanaan pengujian dan pengumpulan data ketelitian geometrik pada mesin bubut **BV20L-1**, diperoleh hasil pengukuran yang kemudian dianalisis berdasarkan kriteria dan batas toleransi yang mengacu pada **ISO 1708** sebagai berikut:

3.1 Pengukuran kerataan Terhadap Alas Mesin Bed (G1)

Hasil pengukuran kerataan terhadap Alas Mesin Bed (**G1**) disajikan pada **Tabel 4**. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi geometrik bed mesin pada arah memanjang dan melintang serta membandingkannya dengan toleransi yang ditetapkan dalam standar **ISO 1708**

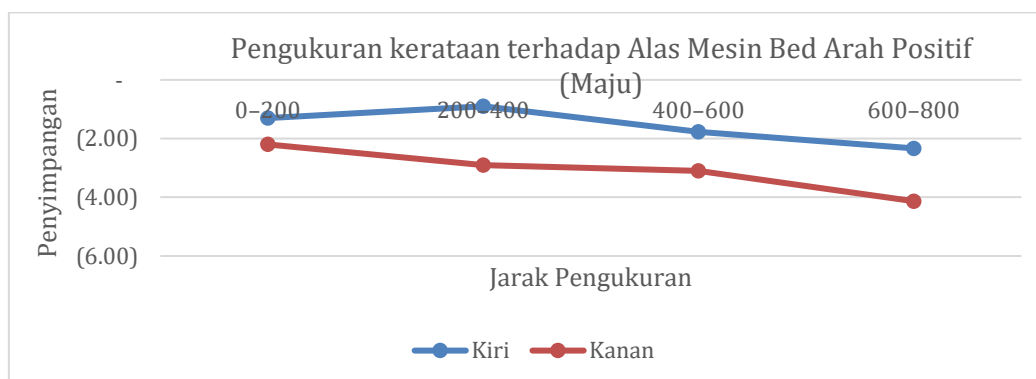
Tabel 4 Pengukuran kerataan terhadap Alas Mesin Bed

Jarak (mm)	Pemeriksaan ke 1				Pemeriksaan ke 2				Pemeriksaan ke 3			
	Arah Positif (Maju)		Arah Negatif (Mundur)		Arah Positif (Maju)		Arah Negatif (Mundur)		Arah Positif (Maju)		Arah Negatif (Mundur)	
	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Kiri	Sisi Kanan
0–200	-1,5	-0,7	-1,2	-1,3	-1,1	-1	-1,3	-1,2	-1,3	-1	-1	-3
200–400	-0,3	-3	-2	-1	-1,2	-1	-2,3	-2,5	-1,2	-2	-3	-1
400–600	-1	-1	-1	-1	-2,1	-2	-1,3	-1,5	-2,2	-1	-2	-1
600–800	-1,5	-2,4	-1	-1,3	-3,2	-2	-1,3	-1,3	-2,3	-1	-1	-1

Tabel 5. Pengukuran kerataan terhadap Alas Mesin Bed Rata-Rata

Jarak (mm)	Rata-hasil Pemeriksaan			
	Arah Positif (Maju)		Arah Negatif (Mundur)	
	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Kiri	Sisi Kanan
0–200	-1,30	-0,90	-1,17	-1,83
200–400	-0,90	-2,00	-2,43	-1,50
400–600	-1,77	-1,33	-1,43	-1,17
600–800	-2,33	-1,80	-1,10	-1,20

Pengukuran kerataan terhadap Alas Mesin Bed Arah Positif (Maju) dapat dilihat pada grafik dibawah ini :

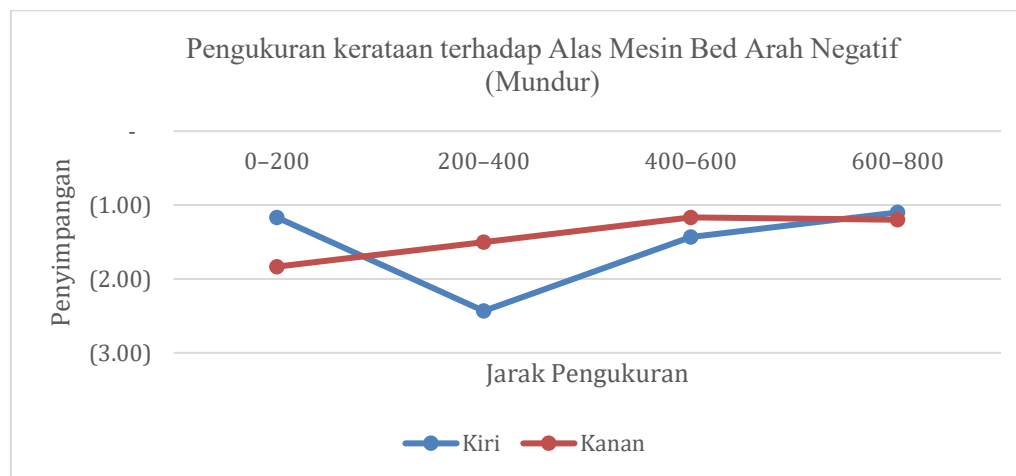


Gambar.10 Pengukuran kerataan terhadap Alas Mesin Bed Arah Positif (Maju)

Grafik menunjukkan hasil pengukuran kerataan alas mesin (bed) pada arah positif (maju) untuk sisi kiri dan kanan sepanjang jarak pengukuran 0–800 mm. Pada sisi kiri, nilai penyimpangan relatif kecil dan cenderung stabil, yaitu berkisar antara -1 mm hingga $-2,3$ mm. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi kerataan pada sisi kiri masih cukup seragam di sepanjang bed mesin.

Sebaliknya, sisi kanan menunjukkan penyimpangan yang lebih besar, yaitu dari sekitar $-2,2$ mm hingga $-4,1$ mm, dengan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya jarak pengukuran. Perbedaan penyimpangan antara sisi kiri dan kanan mengindikasikan adanya ketidakrataan permukaan bed mesin yang dapat memengaruhi kestabilan gerak eretan serta ketelitian proses pembubutan. Hasil ini perlu dibandingkan dengan batas toleransi yang ditetapkan dalam ISO 1708 untuk menentukan kelayakan geometrik mesin

Pengukuran kerataan terhadap Alas Mesin Bed Arah Negatif (Mundur) dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar.11 Pengukuran kerataan terhadap Alas Mesin Bed Arah Negatif (Mundur)

Grafik menunjukkan hasil pengukuran kerataan alas mesin (bed) pada arah negatif (mundur) di sisi kiri dan kanan sepanjang jarak 0–800 mm. Nilai penyimpangan pada kedua sisi berada pada kisaran sekitar -1 mm hingga $-2,5$ mm, yang menandakan adanya deviasi permukaan terhadap bidang referensi.

Secara umum, sisi kanan menunjukkan pola penyimpangan yang lebih stabil dibandingkan sisi kiri. Penyimpangan terbesar terjadi pada sisi kiri pada jarak 200–400 mm, sedangkan pada bagian ujung bed nilai penyimpangan kedua sisi cenderung mendekati sama. Kondisi ini menunjukkan adanya variasi kerataan bed yang dapat memengaruhi akurasi gerak eretan dan hasil pembubutan

3.2 Pemeriksaan Kesejajaran Gerak Eretan terhadap Sumbu Spindle (G2)

Pemeriksaan Kesejajaran Gerak Eretan terhadap Sumbu Spindle (G2) dilakukan untuk mengevaluasi kesejajaran gerak kepala lepas (*tailstock*) relatif terhadap gerak eretan pada arah horizontal dan vertikal. Pengukuran dilakukan pada beberapa titik jarak dengan tiga kali pemeriksaan untuk memperoleh data yang lebih akurat dan konsisten seperti terlihat table 6 dibawah :

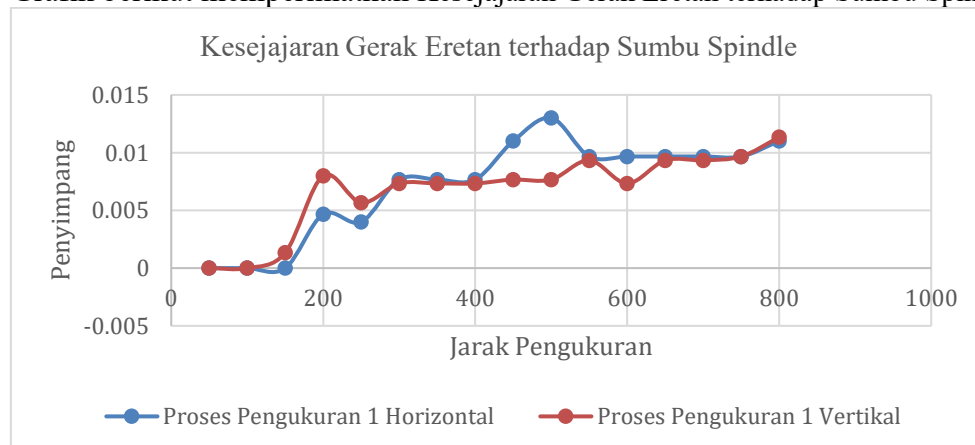
Tabel 6 Kesejajaran Gerak Eretan terhadap Sumbu Spindle

Jarak	Pemeriksaan ke 1		Pemeriksaan ke 2		Pemeriksaan ke 3	
	Arah Horizontal	Arah Vertikal	Arah Horizontal	Arah Vertikal	Arah Horizontal	Arah Vertikal
50	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0
150	0	0,004	0	0	0	0
200	0,004	0,004	0	0,01	0,01	0,01
250	0,004	0,004	0,004	0,01	0,004	0,003
300	0,009	0,004	0,004	0,01	0,01	0,008
350	0,009	0,004	0,004	0,01	0,01	0,008
400	0,009	0,004	0,004	0,01	0,01	0,008
450	0,014	0,009	0,004	0,01	0,015	0,004
500	0,014	0,009	0,01	0,01	0,015	0,004
550	0,009	0,009	0,01	0,015	0,01	0,004
600	0,009	0,009	0,01	0,009	0,01	0,004
650	0,009	0,009	0,01	0,009	0,01	0,01
700	0,009	0,009	0,01	0,009	0,01	0,01
750	0,009	0,009	0,01	0,01	0,01	0,01
800	0,009	0,014	0,014	0,01	0,01	0,01

Tabel 7 Rata-rata Kesejajaran Gerak Eretan terhadap Sumbu Spindle

Jarak (mm)	Proses Pemeriksaan	
	Arah Horizontal	Arah Vertikal
50	0	0
100	0	0
150	0	0,0013
200	0,0047	0,0080
250	0,0040	0,0057
300	0,0077	0,0073
350	0,0077	0,0073
400	0,0077	0,0073
450	0,0110	0,0077
500	0,0130	0,0077
550	0,0097	0,0093
600	0,0097	0,0073
650	0,0097	0,0093
700	0,0097	0,0093
750	0,0097	0,0097
800	0,0110	0,0113

Grafik berikut memperlihatkan Kesejajaran Gerak Eretan terhadap Sumbu Spindle



Gambar.11 Grafik kesejajaran gerak kepala lepas terhadap eretan

Grafik menunjukkan hasil pengukuran kesejajaran gerak eretan terhadap sumbu spindle pada arah horizontal dan vertikal sepanjang jarak pengukuran 50–800 mm. Secara umum, nilai penyimpangan pada kedua arah mengalami peningkatan seiring bertambahnya jarak pengukuran, yang mengindikasikan adanya deviasi kecil antara lintasan gerak eretan dan sumbu spindle. Pada arah horizontal, penyimpangan tertinggi terjadi pada jarak sekitar 500 mm dengan nilai mendekati 0,013 mm, sedangkan pada arah vertikal nilai maksimum sekitar 0,011 mm pada jarak 800 mm. Meskipun terdapat fluktuasi pada beberapa titik pengukuran, seluruh nilai penyimpangan masih relatif kecil dan menunjukkan bahwa kesejajaran gerak eretan terhadap sumbu spindle berada dalam kondisi yang cukup baik. Hasil ini dapat digunakan sebagai dasar untuk menilai kesesuaian mesin terhadap batas toleransi yang ditetapkan dalam ISO 1708.

3.3 Pemeriksaan Ketegak lurusan Gerak Eretan Melintang (G3)

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan spindle utama mampu berputar secara stabil dan presisi sehingga hasil proses pembubutan tetap akurat. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali menggunakan dial indicator untuk memperoleh nilai ketelitian spindle utama serta menentukan rata-rata penyimpangan yang terjadi. Seperti terlihat tabel 8 dibawah

Tabel 8 Pengukuran Ketelitian Spindel Utama

No	Pengukuran	Hasil (mm)
1	Pengukuran I	0,010
2	Pengukuran II	0,009
3	Pengukuran III	0,010
Rata-rata		0,00967 mm

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh rata-rata ketelitian spindel utama sebesar **0,00967 mm**. Nilai tersebut menunjukkan bahwa penyimpangan putaran spindle masih kecil dan mendekati kondisi presisi. Menurut standar **ISO 1708**, toleransi run-out spindle utama mesin bubut umumnya maksimum **0,01 mm**. Hasil pengukuran masih berada dalam batas toleransi standar.

3.4 Run-out spindle arah radial dan aksial (G4)

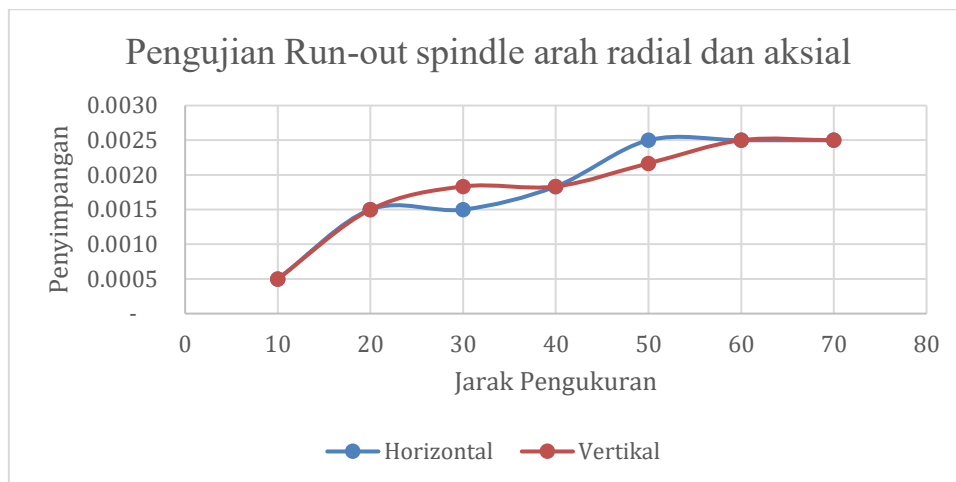
Pengujian Run-out spindle arah radial dan aksial (**G4**) dilakukan untuk mengetahui besarnya penyimpangan putaran spindle pada arah radial dan aksial. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menilai tingkat konsentrisitas dan kestabilan putaran spindle, karena nilai *run-out* yang besar dapat memengaruhi ketelitian proses pembubutan dan kualitas permukaan benda kerja dapat dilihat pada table.9 dibawah :

Tabel 9. Pengujian Run-out spindle arah radial dan aksial

Jarak (mm)	Pengukuran Ke 1		Pengukuran Ke 2		Pengukuran Ke 3	
	Horizontal	Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal	Vertikal
10	0	0	0	0,0015	0,0015	0
20	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
30	0,0015	0,0015	0,0015	0,0025	0,0015	0,0015
40	0,0015	0,0015	0,0015	0,0025	0,0025	0,0015
50	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0015
60	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
70	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025

Tabel 10. Rata - rata Pengujian Run-out spindle arah radial dan aksial

Jarak (mm)	Pengukuran Ke 1	
	Horizontal	Vertikal
10	0,0005	0,0005
20	0,0015	0,0015
30	0,0015	0,0018
40	0,0018	0,0018
50	0,0025	0,0022
60	0,0025	0,0025
70	0,0025	0,0025



Gambar.12 Grafik Pengujian Run-out spindle arah radial dan aksial

Grafik menunjukkan hasil pengujian run-out spindle pada arah horizontal (radial) dan vertikal (aksial). Nilai penyimpangan pada kedua arah cenderung meningkat secara bertahap seiring bertambahnya jarak pengukuran, dari sekitar 0,0005 mm hingga mencapai 0,0025 mm.

Secara keseluruhan, penyimpangan pada arah horizontal dan vertikal memiliki pola yang hampir sama dengan selisih yang relatif kecil. Nilai run-out maksimum sebesar 0,0025 mm menunjukkan bahwa putaran spindle masih cukup stabil dan memiliki tingkat konsentrisitas yang baik, sehingga mendukung ketelitian proses pembubutan serta masih berada di bawah batas toleransi umum ISO 1708 untuk pengujian run-out spindle

3.5 Pengukuran pada Spindel Utama (G5)

Pengukuran pada Spindel Utama merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui tingkat penyimpangan posisi atau putaran poros yang disebabkan oleh ketidaksejajaran bantalan tekan. Kemiringan pada bantalan tekan dapat menimbulkan getaran, ketidakstabilan putaran, serta menurunkan ketelitian proses pemesinan. Oleh karena itu, pengujian ini dilakukan untuk memastikan poros pembawa tetap bekerja secara presisi dan masih berada dalam batas toleransi yang diizinkan.

Tabel 11. Pengukuran pada Spindel Utama

No	Pengukuran Spindel Utama	Hasil (mm)
1	Pengukuran I	0,009
2	Pengukuran II	0,009
3	Pengukuran III	0,010
Rata-rata		0,0093 mm

asil pengukuran penyimpangan pada **spindel utama** yang dilakukan sebanyak tiga kali. Hasil pengukuran berturut-turut sebesar **0,009 mm**, **0,009 mm**, dan **0,010 mm**, dengan nilai rata-rata **0,0093 mm**.

Berdasarkan hasil tersebut, nilai penyimpangan spindel utama relatif kecil dan menunjukkan hasil yang konsisten pada setiap pengukuran. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi spindel utama masih memiliki tingkat ketelitian dan kestabilan putaran yang baik, sehingga dapat mendukung proses pembubutan dengan akurasi yang memadai sesuai kriteria pengujian geometrik mesin bubu

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis ketelitian geometrik mesin bubut BV20L-1 yang mengacu pada standar ISO 1708, dapat disimpulkan bahwa kondisi geometrik mesin secara umum masih berada dalam batas toleransi yang diperkenankan dan layak digunakan untuk proses pembubutan presisi.

1. **Kerataan Alas Mesin Bed (G1)** menunjukkan adanya penyimpangan pada sisi kiri dan kanan bed mesin. Penyimpangan terbesar terjadi pada sisi kanan arah positif (maju), yang mengindikasikan adanya ketidakrataan permukaan bed. Meskipun demikian, kondisi kerataan masih relatif stabil dan belum menunjukkan deformasi yang signifikan.
2. **Kesejajaran Gerak Eretan terhadap Sumbu Spindle (G2)** memiliki penyimpangan maksimum sebesar **0,013 mm** pada arah horizontal dan **0,011 mm** pada arah vertikal. Nilai tersebut masih tergolong kecil sehingga menunjukkan bahwa gerak eretan masih sejajar dengan sumbu spindle dan mampu mendukung proses pemesinan yang akurat.
3. **Ketegaklurusan Gerak Eretan Melintang (G3)** yang dievaluasi melalui pengukuran ketelitian spindle utama menghasilkan nilai rata-rata penyimpangan sebesar **0,00967 mm**. Nilai ini masih berada di bawah batas toleransi umum ISO 1708 sebesar **0,01 mm**, sehingga spindle utama masih memiliki tingkat presisi yang baik.
4. **Run-out Spindle Arah Radial dan Aksial (G4)** menunjukkan nilai maksimum sebesar **0,0025 mm**. Hasil ini mengindikasikan bahwa spindle memiliki konsentrisitas dan kestabilan putaran yang sangat baik sehingga tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kualitas hasil pembubutan.
5. **Pengukuran pada Spindel Utama (G5)** menghasilkan rata-rata penyimpangan sebesar **0,0093 mm**. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kondisi bantalan dan sistem pendukung spindle masih bekerja dengan baik serta mampu menjaga kestabilan putaran selama proses pemesinan.

Secara keseluruhan, hasil pengujian geometrik menunjukkan bahwa **mesin bubut BV20L-1 masih memenuhi persyaratan ketelitian geometrik berdasarkan standar ISO 1708**, sehingga masih layak digunakan untuk kegiatan praktikum maupun proses produksi dengan tingkat ketelitian yang memadai. Namun, perawatan dan kalibrasi berkala tetap diperlukan untuk menjaga performa mesin serta mencegah peningkatan penyimpangan geometrik di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Kalpakjian and S. R. Schmid, *Manufacturing Engineering and Technology*, 8th ed. Boston, MA, USA: Pearson Education, 2020.
- [2] M. P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*, 7th ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2020.
- [3] B. S. Raghuwanshi, *A Course in Workshop Technology: Manufacturing Processes*, New Delhi, India: Dhanpat Rai Publishing, 2018.
- [4] R. K. Jain, *Production Technology*, 18th ed. New Delhi, India: Khanna Publishers, 2017.
- [5] Y. Altintas, *Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design*, 2nd ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2012.
- [6] D. J. Whitehouse, *Handbook of Surface and Nanometrology*, 2nd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2011.
- [7] International Organization for Standardization, *ISO 1708:2005 Test Conditions for General Purpose Parallel Lathes—Testing of the Accuracy*, Geneva, Switzerland: ISO, 2005.
- [8] J. P. Davim, *Machining: Fundamentals and Recent Advances*, London, UK: Springer, 2008.
- [9] International Organization for Standardization, *ISO 1708: Test Conditions for General Purpose Parallel Lathes—Testing of the Accuracy*. Geneva, Switzerland: ISO, 2005.
- [10] J. A. Bosch, *Coordinate Measuring Machines and Systems*. New York, NY, USA: CRC Press, 1995.
- [11] Y. Altintas, *Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design*, 2nd ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2012.
- [12] ISO 1708. 1989. *Acceptance Conditions for General Purpose Parallel Lathes — Testing of the Accuracy*. Geneva: International Organization for Standardization.
- [13] Schlesinger, G. (2006). *Machine Tool Tests and Alignments*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. London: Mechanical Engineering Publications.