

## Assessment Geometri Mesin Bubut Harrison M390 dengan Metode Pengukuran dan Coordinate Measuring Machine (CMM)

Dhion Khairul Nugraha\*, Elan Suherlan, Mohammad Fauzi  
Jurusan Teknik Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung  
Jalan Kanayakan No.21, Kec. Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat, 40135

\*E-mail: dhionkn@polman-bandung.ac.id

Diajukan: 05-04-2024; Diterima: 26-08-2024; Diterbitkan: 31-08-2024

### Abstrak

Kondisi geometri mesin bubut seperti kedataran, kesumbuan, kesejajaran, dan ketegaklurusan dapat mempengaruhi kualitas benda kerja yang dihasilkan, terutama berkaitan dengan kepresisian benda kerja. Untuk mengetahui hal tersebut diperlukan *assessment* geometri. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kondisi geometris mesin bubut pada bagian *spindle*, *guide ways*, dan *tailstock*. *Assessment* dilakukan dengan dua metode, yaitu metode pengukuran dan metode Coordinate Measuring Machine (CMM). Kedua metode dilakukan dan dibandingkan untuk mendapatkan hasil yang lebih valid. Metode pengukuran dilakukan dengan mengukur kondisi geometri mesin menggunakan alat ukur seperti *dial indicator*, *spirit level*, dan alat bantu *test bar*. Sedangkan metode CMM dilakukan dengan mengidentifikasi titik-titik koordinat untuk selanjutnya diolah menjadi sebuah bidang permukaan. Objek penelitian ini adalah mesin bubut Harrison M390. Hasil dari *assessment* terhadap mesin bubut diantara kedua metode menunjukkan hasil yang sama terkait dengan kondisi geometri mesin. Kondisi *spindle* mesin bubut dalam keadaan baik dan masuk dalam toleransi yang diizinkan. Sedangkan kondisi *guide ways* dan *tailstock* mengalami penyimpangan yang diindikasikan oleh hasil pengukuran yang berada di luar toleransi yang diizinkan. Pada *guide ways*, sebanyak 45% bidang referensi untuk parameter kedataran berada di luar toleransi. Sedangkan pada *tailstock*, terdapat perbedaan sumbu sebesar 0,622 mm dan 0,168 mm masing-masing untuk *tailstock* pada posisi maju dan mundur. Pada *guide ways* dan *tailstock* juga mengindikasikan hasil yang sama untuk kedua metode, yaitu nilai kedataran dan kesumbuan yang semakin menurun ke arah *headstock*. Hasil *assessment* geometri kedua metode yang menunjukkan hasil yang sama dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan perbaikan pada mesin bubut Harrison M390.

**Kata kunci:** pengukuran geometri; *Coordinate Measuring Machine* (CMM); mesin bubut; kalibrasi

### Abstract

*This paper presents the dimensional assessment for Harrison M390 lathe machine. The geometric condition of the lathe machine such as flatness, coaxiality, paralelism, and perpendicularity can affect the quality of the workpiece, especially with regard to precision. To identify the geometric condition, it is required for lathe machine to have dimensional assessment. The purpose of this research is to determined the geometric condition for lathe machine, especially for spindle, guide ways, dan tailstock. The geometric assessment was performed with two methods, geometric measurement and Coordinate Measuring Machine (CMM). Both geometric measurement and CMM are carried out and compared, so the conditions and geometric of the lathe machine were more convincing. The geometric measurement was carried out by measuring the condition of the lathe machine using measuring tools such as dial indicator, spirit level, and test bar. While CMM is carried out by collecting the coordinate points that proceed into the plane. The object of this research was Harrison M390 lathe machine. Results indicated that both assessments show the same result in terms of the condition of the lathe machine. The spindle of the lathe machine indicated all criteria are within allowable tolerance for both geometric measurement and CMM. While the condition of guide ways and tailstock, experienced deviation and the parameter are outside of tolerances. In a guide ways, there where 45% of the flatness planes are out of tolerances. In a tailstock, there were axis differences of 0,622 mm and 0,168 respectively for the forward and backward positions. Both methods have the same indication and result toward guide ways and tailstock. The flatness and axis values decrease toward the headstock. Since both methods indicated the same result and interpretation, it can be used as a reference to perform repairs on Harrison M390 lathe machines.*

**Keywords:** *geometric assessment; Coordinate Measuring Machine* (CMM); *lathe machine; calibration*

## 1. Pendahuluan

Kualitas hasil benda kerja yang dihasilkan mesin bubut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Di antara yang cukup dominan adalah parameter pemesinan dan kondisi geometri mesin bubut. Salah satu parameter pemesinan yang menjadi

faktor yang mempengaruhi kualitas benda kerja adalah gaya potong. Gaya potong dapat berpengaruh terhadap temperatur, daya, dan hasil akhir benda kerja [1-2]. Kondisi geometri mesin juga sangat berpengaruh terhadap kualitas dan kepresisian benda kerja yang dihasilkan. Kondisi geometri yang ada pada bagian mesin bubut harus berada pada toleransi tertentu. *Assessment* geometri mesin bubut dilakukan untuk mengetahui apakah parameter-parameter geometri yang ada pada mesin bubut masih dalam batas toleransi yang diizinkan atau tidak. *Assessment* geometri juga dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan strategi yang tepat dalam melakukan pemeliharaan atau perbaikan mesin perkakas [3].

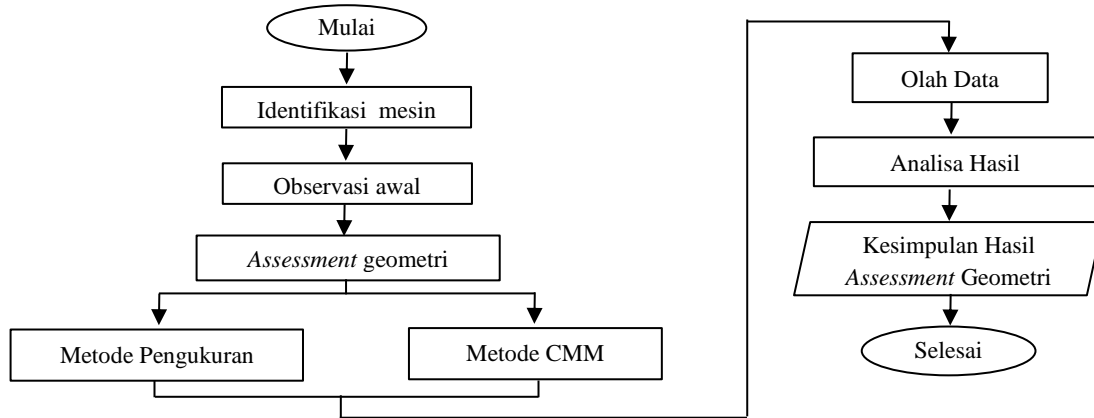
Metode yang biasa digunakan dalam melakukan *assessment* geometri adalah metode pengukuran menggunakan alat ukur yang telah sesuai dengan standar, seperti dial *indicator*, *spirit level*, dan lain sebagainya [4]. Beberapa parameter geometri yang menjadi acuan dalam metode pengukuran yaitu kedataran (*flatness*), kesumbuan (*concentricity*), kesejajaran (*parallelism*), dan ketegaklurusan (*perpendicularity*)[5-6]. Parameter-parameter tersebut apabila berada di luar toleransi akan menyebabkan hasil pemesinan tidak presisi dan dapat menyebabkan getaran pada komponen mesin bubut. Arif dkk melakukan penelitian dengan menganalisa pengaruh kedataran *guide ways* terhadap pengaruh gerak *carriage* pada mesin bubut. Hasilnya adalah pembebanan yang tidak merata pada *guide ways* dapat menyebabkan keausan pada titik tertentu. Hal ini dapat mengakibatkan kualitas hasil benda kerja tidak presisi [7]. Ratlalan dkk melakukan analisa *levelling* mesin bubut dengan tujuan agar kerataan pada mesin sesuai dengan standar toleransi sehingga dapat menghasilkan benda kerja dengan ketelitian dan kepresisian yang tinggi [8]. Dari hasil pengukuran geometri ini juga dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan penyimpangan pada mesin tersebut yang sangat erat kaitannya dengan kepresisian benda kerja yang dihasilkan [9-10].

Metode lain yang dapat digunakan dalam menentukan geometri mesin bubut adalah metode *Coordinate Measuring Machine (CMM)*. Cara kerja CMM adalah dengan membaca titik-titik koordinat pada suatu posisi dan mengacu pada titik koordinat tertentu. Semakin banyak titik koordinat yang digunakan, maka akan semakin presisi hasilnya. CMM telah digunakan sebagai salah satu metode dalam menganalisa geometri dari sebuah mesin perkakas [11]. Aplikasi penggunaan CMM salah satunya yaitu menentukan kesalahan sumbu yang ada pada mesin perkakas [12]. Ali dkk melakukan analisa geometri dengan menggunakan CMM pada mesin CNC *milling* untuk menentukan akurasi kebulatan dari benda kerja yang dihasilkan [13]. Achelker dkk juga melakukan kajian analisa geometri CMM pada mesin CNC *milling* khususnya pada bagian *spindle*, dengan membandingkan geometri 2D dan 3D. Dari hasil tersebut didapatkan kesimpulan apakah menggunakan 2D atau 3D sebagai parameter inspeksi, sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan [14]. Selain menentukan kajian analisa geometri, CMM juga dapat digunakan sebagai input dalam melakukan kalibrasi mesin perkakas [15].

*Assessment* geometri yang dilakukan hanya menggunakan satu metode terkadang belum bisa menjadi acuan dalam mengambil kesimpulan kondisi geometri mesin, sehingga diperlukan metode lain sebagai pembanding. Apabila kedua metode yang dilakukan mengindikasikan hasil yang sama, maka hasil *assessment* mengenai kondisi geometri mesin akan lebih valid. Oleh karena itu pada penelitian ini, *assessment* dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu metode pengukuran dan *Coordinate Measuring Machine (CMM)*. Mesin yang menjadi bahan penelitian adalah mesin bubut Harrison M390 di PT.XYZ. Bagian mesin bubut yang dilakukan *assessment* adalah *guide ways*, *spindle*, dan *tailstock*. Pengukuran masing-masing bagian mesin bubut dilakukan dengan kedua metode tersebut yang meliputi kedataran, kesumbuan, kesejajaran, dan ketegaklurusan suatu permukaan. Parameter-parameter pengukuran yang didapatkan akan dibandingkan dengan toleransi yang diizinkan. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan informasi mengenai kondisi dan kelayakan mesin bubut Harrison M390, terutama pada bagian *guide ways*, *spindle*, dan *tailstock* menggunakan kedua metode tersebut. Hasil kedua metode akan dibandingkan dan akan menghasilkan indikasi yang sama. Selain itu, hasil *assessment* geometri akan menjadi data awal dalam melakukan perbaikan.

## 2. Material dan metodologi

Penelitian ini secara garis besar digambarkan pada Gambar 1. Terdapat dua metode *assessment* geometri mesin bubut yang dilakukan yaitu metode pengukuran dan metode CMM. Hasil dari *assessment* geometri kedua metode tersebut akan digabungkan untuk mendapatkan hasil *assessment* geometri mesin bubut secara keseluruhan. Mesin yang digunakan sebagai objek dalam penelitian ini adalah mesin bubut Harrison M390 produksi tahun 2002. Gambar 2 menunjukkan mesin bubut Harrison M390 beserta dengan bagian-bagiannya.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian






**Gambar 2.** Mesin Bubut Harrison M390 Beserta dengan Bagiannya

### 2.1. Metode Pengukuran

Metode pengukuran geometri dilakukan dengan melakukan pengukuran pada bagian mesin bubut seperti *guide ways*, *spindle*, dan *tailstock*. Peralatan yang digunakan pada metode pengukuran dan pemeriksaan mesin bubut ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Peralatan Utama yang Digunakan Metode Pengukuran

| Gambar  | Alat Ukur             | Keterangan  |
|---|-----------------------|---|
|  | <i>Dial indicator</i> | Tipe tusuk: ketelitian 0,001 mm<br>Tipe jarum: ketelitian 0,002 mm<br>(untuk mengukur <i>tapper spindle</i> ) |


| Gambar  | Alat Ukur           | Keterangan                  |
|---|---------------------|-----------------------------|
|  | <i>Test bar</i>     | Tipe untuk <i>tailstock</i> |
|  | <i>Spirit level</i> | skala maksimal 0,08 mm      |

*Dial indicator* digunakan untuk mengukur kerataan suatu permukaan bidang, *test bar* digunakan sebagai alat bantu pengukuran kesejajaran, sedangkan *spirit level* digunakan untuk mengukur kedataran permukaan. Beberapa parameter yang menjadi acuan dalam metode pengukuran ini kedataran, kesumbuan, kesejajaran, dan ketegaklurusan. Parameter toleransi yang digunakan sebagai acuan mengacu pada Schlesinger [6].

## 2.2. Metode CMM

Peralatan yang digunakan pada metode CMM adalah *set portable* CMM dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 2. *Portable* CMM akan mendeteksi titik-titik koordinat pada *guide ways*, *spindle*, dan *tailstock*. Dari koordinat-koordinat yang telah didapatkan, dibuat model 3D dan menentukan parameter-parameter geometri yang menjadi acuan. Parameter geometri yang akan diperiksa adalah kedataran, kesejajaran, dan ketegaklurusan. Nilai yang didapatkan akan dibandingkan dengan toleransi yang diizinkan.

**Tabel 2.** Spesifikasi *Portable* Coordinate Measuring Machine (CMM) [16]

| Produk  | Spesifikasi                   | Keterangan      |
|---|-------------------------------|-----------------|
|  | <i>Axis</i>                   | <i>Six Axis</i> |
|   | <i>Measuring Range</i>        | 1,8 m           |
|   | <i>Point Repeatability</i>    | 0,016 mm        |
|   | <i>Volume Length Accuracy</i> | 0,023 mm        |

## 3. Hasil dan pembahasan

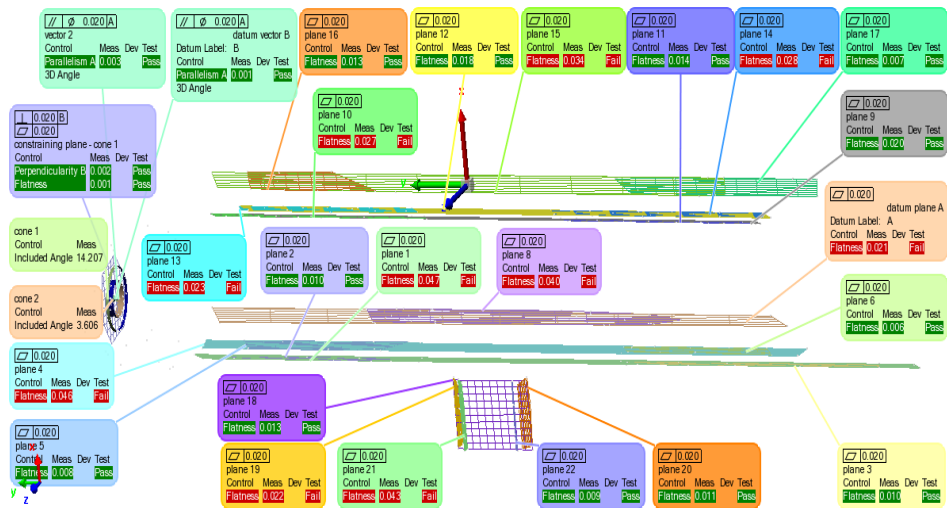
*Assessment* pengukuran geometri dan pengambilan data CMM dilakukan pada mesin bubut pada bagian-bagian *guide ways*, *spindle*, dan *tailstock*. Masing-masing bagian mesin bubut memiliki parameter dan toleransi yang sudah ditentukan. Proses pengukuran geometri ditunjukkan pada Gambar 3. Sedangkan pengambilan data CMM ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil secara keseluruhan rekapitulasi pada CMM sebelum dilakukan olah data dan interpretasi hasil ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 3. Proses Pengukuran Geometri *Guide Ways, Spindle, dan Tailstock*



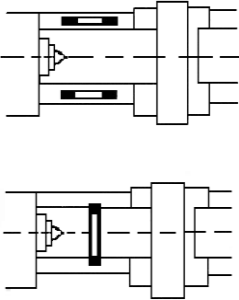
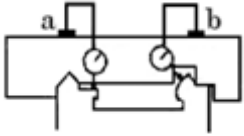
Gambar 4. Proses Pengambilan Data CMM



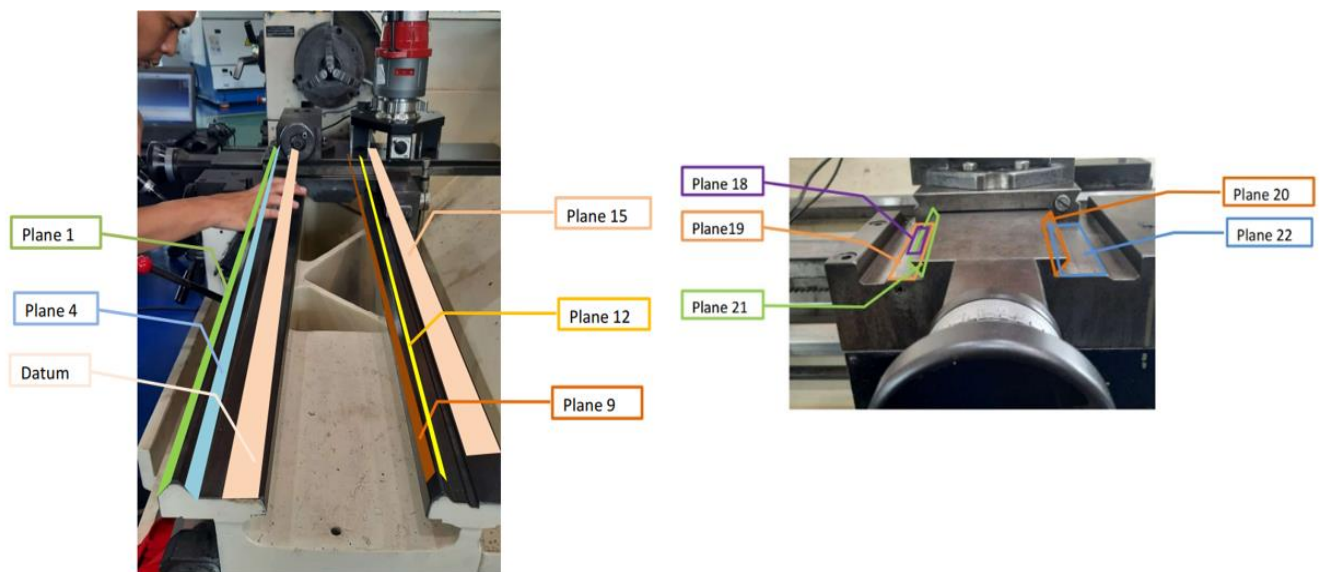
Gambar 5. Data Pengukuran Keseluruhan hasil CMM

Tabel 3. Hasil Pengukuran Geometri *Guide Ways*

| Ilustrasi | Bagian yang Diperiksa  | Toleransi                   | Hasil Pengukuran | Keterangan              |
|-----------|--|-----------------------------|------------------|-------------------------|
|           | Kedataran <i>guide ways carriage</i> bagian depan dan belakang pada arah horizontal. | $\pm 0,02$ mm dalam 1000 mm | over             | Di luar batas toleransi |

| Ilustrasi   | Bagian yang Diperiksa  | Toleransi                   | Hasil Pengukuran                | Keterangan   |
|---|--|-----------------------------|---------------------------------|--|
|  | Kedataran <i>guide ways carriage</i> dalam ke arah vertikal.             | $\pm 0,02$ mm dalam 1000 mm | over                            |  |
|  | Kesejajaran <i>guide ways</i> dengan <i>carriage</i> pada posisi a dan b | $\pm 0,01$ mm dalam 1000 mm | a : + 0,013 mm<br>b : + 0,05 mm | Di luar batas toleransi<br>Di luar batas toleransi |

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran mesin bubut pada bagian *guide ways*. Pengukuran dilakukan pada arah horizontal dan vertikal menggunakan *spirit level*. Kedua hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa nilai kedataran telah melewati skala maksimal yang ada pada *spirit level*, yaitu lebih besar dari 0,08 mm. Sehingga dapat dikatakan bahwa bidang kedataran *guide ways* telah jauh melewati toleransi yang diizinkan. Hal ini terjadi salah satunya karena mesin bubut tidak dilengkapi dengan *levelling system*. *Levelling system* merupakan sebuah proses penyetelan kedataran pada mesin dengan lantai. Penyetelan dilakukan pada bagian dudukan mesin bubut dengan menyetel mur dan baut untuk mendapatkan parameter kedataran tertentu. Selain kedataran pada *guide ways*, diukur juga kesejajaran *guide ways* terhadap *carriage* menggunakan *dial indicator*. Pengukuran dilakukan dari arah *tailstock* menuju ke *headstock*. Hasilnya menunjukkan untuk pengukuran pada sisi datar (a), terdapat perbedaan sebesar +0,013 mm, sedangkan pada sisi miring (b) terdapat perbedaan sebesar +0,05 mm. Perbedaan ini bernilai positif yang berarti kondisi *guide ways* menurun ke arah *headstock*. Kedua parameter pengukuran ini telah melewati batas toleransi yang diizinkan. Kondisi ini dapat diakibatkan oleh pemakaian mesin bubut, dimana mesin bubut lebih banyak dioperasikan pada posisi dekat dengan *headstock*.



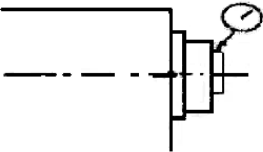
Gambar 6. Bidang Pengukuran CMM pada *Guide Ways*

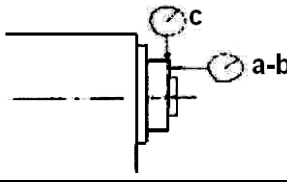
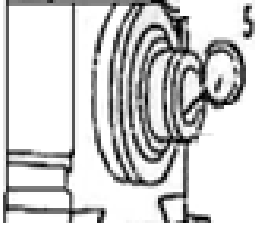
Metode CMM juga dilakukan pada bagian *guide ways* mesin bubut. Gambar 6 menunjukkan referensi bidang pengukuran *guide ways*. Parameter dari *guide ways* yang diukur adalah kedataran. Terdapat 22 *plane* (bidang) referensi yang menjadi acuan dimana masing-masing *plane* rata-rata terdapat 30 titik. Semakin banyak titik yang dicatat, maka hasil dari CMM akan semakin baik dan akurat. Tabel 4 menunjukkan rekapitulasi hasil CMM dari *guide ways*. Toleransi kedataran yang diizinkan adalah 0,02 mm. Hasil parameter kedataran *guide ways* menunjukkan bahwa 10 bidang dari 22 bidang atau sebesar 45% berada di luar toleransi yang diizinkan. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi *guide ways* tidak datar. Pengukuran *guide ways* sisi datar terdapat pada bidang *datum* dan *plane 8*. Hasilnya pengukuran kedataran *guide ways* sisi datar berbeda sebesar 0,019 mm. Artinya tingkat kedataran *guide ways* menurun ke arah *headstock*. Sedangkan pengukuran *guide ways* sisi miring ditunjukkan pada bidang *plane 9* hingga *plane 11*. Terdapat perbedaan kedataran sebesar 0,013 mm dan sama-sama menurun ke arah *headstock*. Apabila membandingkan dengan hasil pengukuran geometri, metode CMM menunjukkan hasil dan indikasi yang sama.

**Tabel 4.** Hasil Pengukuran CMM *Guide Ways*

| Bidang               | Keterangan   | Hasil (mm) | Test        |
|----------------------|--|------------|-------------|
| <i>plane 1</i>       | Bidang pengukuran sepanjang <i>carriage</i>                        | 0,047      | <i>Fail</i> |
| <i>plane 2</i>       | Bidang setengah dari bidang <i>plane 1</i> dekat <i>headstock</i>  | 0,010      | <i>Pass</i> |
| <i>plane 3</i>       | Bidang setengah dari bidang <i>plane 1</i> dekat <i>tailstock</i>  | 0,010      | <i>Pass</i> |
| <i>plane 4</i>       | Bidang pengukuran sepanjang <i>carriage</i>                        | 0,046      | <i>Fail</i> |
| <i>plane 5</i>       | Bidang setengah dari bidang <i>plane 4</i> dekat <i>headstock</i>  | 0,008      | <i>Pass</i> |
| <i>plane 6</i>       | Bidang setengah dari bidang <i>plane 4</i> dekat <i>tailstock</i>  | 0,006      | <i>Pass</i> |
| <i>datum plane A</i> | Bidang pengukuran sepanjang <i>carriage</i>                        | 0,021      | <i>Fail</i> |
| <i>plane 8</i>       | Bidang ukur bagian tengah dari <i>datum A</i>                      | 0,040      | <i>Fail</i> |
| <i>plane 9</i>       | Bidang pengukuran sepanjang <i>carriage</i>                        | 0,020      | <i>Pass</i> |
| <i>plane 10</i>      | Bidang setengah dari bidang <i>plane 9</i> dekat <i>headstock</i>  | 0,027      | <i>Fail</i> |
| <i>plane 11</i>      | Bidang setengah dari bidang <i>plane 9</i> dekat <i>tailstock</i>  | 0,014      | <i>Pass</i> |
| <i>plane 12</i>      | Bidang pengukuran sepanjang <i>carriage</i>                        | 0,018      | <i>Pass</i> |
| <i>plane 13</i>      | Bidang setengah dari bidang <i>plane 12</i> dekat <i>headstock</i> | 0,023      | <i>Fail</i> |
| <i>plane 14</i>      | Bidang setengah dari bidang <i>plane 12</i> dekat <i>tailstock</i> | 0,028      | <i>Fail</i> |
| <i>plane 15</i>      | Bidang pengukuran sepanjang <i>carriage</i>                        | 0,034      | <i>Fail</i> |
| <i>plane 16</i>      | Bidang setengah dari bidang <i>plane 15</i> dekat <i>headstock</i> | 0,013      | <i>Pass</i> |
| <i>plane 17</i>      | Bidang setengah dari bidang <i>plane 15</i> dekat <i>tailstock</i> | 0,007      | <i>Pass</i> |
| <i>plane 18</i>      | Bidang pengukuran setengah dari bidang 19                          | 0,013      | <i>Pass</i> |
| <i>plane 19</i>      | Bidang pengukuran arah sumbu Y                                     | 0,022      | <i>Fail</i> |
| <i>plane 20</i>      | Bidang pengukuran bidang <i>dove tail</i>                          | 0,011      | <i>Pass</i> |
| <i>plane 21</i>      | Bidang pengukuran bidang <i>dove tail</i>                          | 0,043      | <i>Fail</i> |
| <i>plane 22</i>      | Bidang pengukuran arah sumbu Y                                     | 0,009      | <i>Pass</i> |

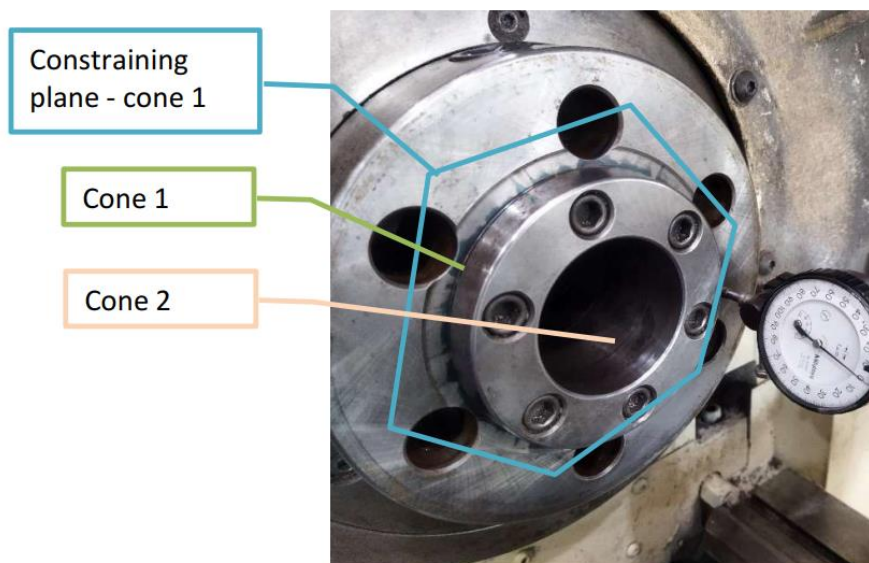
**Tabel 5.** Hasil Pengukuran Geometri *Spindle*

| Ilustrasi   | Bagian yang Diperiksa  | Toleransi      | Hasil Pengukuran | Keterangan            |
|---|--|----------------|------------------|-----------------------|
|  | Kesumbuan <i>spindle</i> kerja menggunakan <i>dial indicator</i> . | $\pm 0,005$ mm | -0,001 mm        | Dalam batas toleransi |

| Ilustrasi   | Bagian yang Diperiksa             | Toleransi      | Hasil Pengukuran | Keterangan            |
|---|-----------------------------------|----------------|------------------|-----------------------|
|  | <i>Spindle</i> pada:              |                |                  |                       |
|   | Pergerakan <i>Aksial</i> (a-b)    | $\pm 0,005$ mm | -0,001 mm        | Dalam batas toleransi |
|   | Pergerakan <i>Radial</i> (c)      | $\pm 0,005$ mm | -0,002 mm        | Dalam batas toleransi |
|  | Eksentrisitas konus bagian dalam. | $\pm 0,005$ mm | +0,001 mm        | Dalam batas toleransi |

Pengukuran bagian mesin bubut selanjutnya adalah bagian *spindle* mesin bubut. Parameter pengukuran yang akan dievaluasi adalah kesumbuan *spindle*, pergerakan pada arah *aksial* dan *radial*, serta eksentrisitas konus. Pengukuran menggunakan *dial indicator*. Hasil dari pengukuran ditunjukkan pada Tabel 5. Keseluruhan parameter menunjukkan bahwa kondisi *spindle* masih berada pada batas toleransi yang diizinkan.

Pada bagian *spindle*, pengukuran CMM dilakukan pada bidang kontak *headstock* dengan *chuck*, bidang luar taper, bidang dalam taper, dan masing-masing garis sumbu dari bidang tersebut. Parameter yang diukur yaitu ketegaklurusan bidang kontak *headstock* dengan garis sumbu, kedataran bidang kontak *headstock*, dan kesejajaran sumbu bidang taper terhadap *carriage*. Hasil dari pengukuran ditunjukkan pada Tabel 6. Referensi bidang pengukuran CMM pada *spindle* ditunjukkan pada Gambar 7. Toleransi yang digunakan keseluruhan adalah 0,02 mm. Keseluruhan parameter dari pengukuran CMM masih berada di bawah toleransi. Dari hasil pengukuran geometri juga menunjukkan bahwa keseluruhan parameter pengukuran *spindle* masih dalam batas toleransi. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi *spindle* mesin bubut masih dalam keadaan baik dan tidak bermasalah.



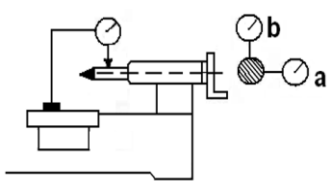
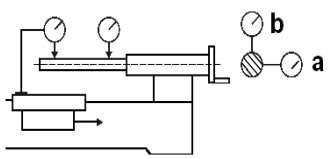
**Gambar 7.** Bidang Pengukuran CMM pada *Spindle*



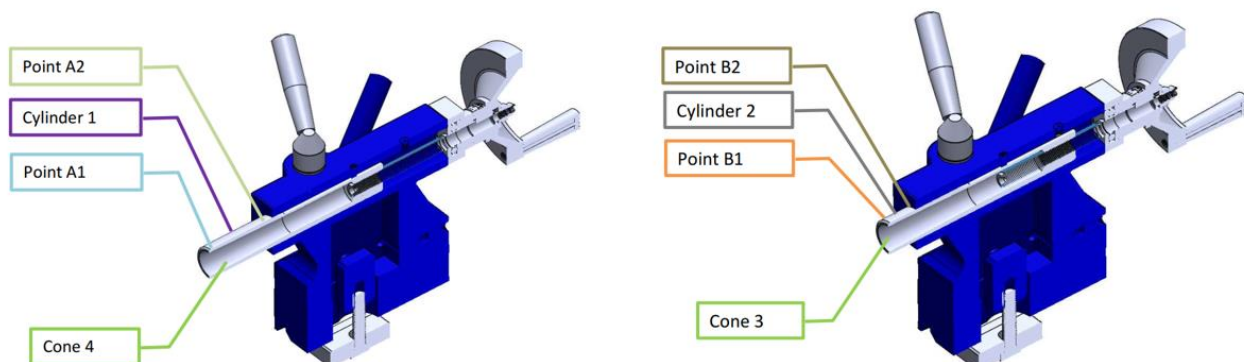
**Tabel 6.** Hasil Pengukuran CMM *Spindle*

| Bidang                             | Keterangan  | Parameter      | Hasil (mm) | Test        |
|------------------------------------|---|----------------|------------|-------------|
| <i>Constraining plane - cone 1</i> | Bidang kontak <i>headstock</i> dengan <i>chuck</i>          | Ketegaklurusan | 0,002      | <i>Pass</i> |
|                                    |   | Kedataran      | 0,001      | <i>Pass</i> |
| <i>Cone 1</i>                      | Kesejajaran sumbu bidang luar taper dengan <i>carriage</i>  | Kesejajaran    | 0,001      | <i>Pass</i> |
| <i>Cone 2</i>                      | Kesejajaran sumbu bidang dalam taper dengan <i>carriage</i> | Kesejajaran    | 0,003      | <i>Pass</i> |

**Tabel 7.** Hasil Pengukuran Geometri *Tailstock*

| Ilustrasi  | Bagian yang Diperiksa  | Toleransi                      | Hasil Pengukuran | Keterangan              |
|--|--|--------------------------------|------------------|-------------------------|
|   | Kesejajaran peluncur <i>tailstock</i> dengan <i>guide ways</i> pada: |                                |                  |                         |
|  | Posisi Horizontal  | $\pm 0,01$ mm<br>sejauh 100 mm | +0,004 mm        | Dalam batas toleransi   |
|  | Posisi Vertikal  |                                | -0,02 mm         | Di luar batas toleransi |
|  | Kesejajaran sumbu <i>tailstock</i> dengan <i>guide ways</i>          |                                |                  |                         |
|  | Posisi Horizontal  | $\pm 0,03$ mm<br>sejauh 300 mm | +0,244 mm        | Di luar batas toleransi |
|  | Posisi Vertikal  |                                | -0,164 mm        | Di luar batas toleransi |

Bagian terakhir yang dilakukan *assessment* pengukuran pada mesin bubut adalah *tailstock*. Pada *assessment* geometri, parameter yang diukur adalah kesejajaran, dimana kesejajaran *tailstock* dan sumbu *tailstock* diukur terhadap *guide ways* pada arah horizontal dan vertikal. Pengukuran menggunakan *dial indicator* dan bantuan *test bar* pada saat mengukur sumbu *tailstock*. Pengukuran dilakukan dengan arah dari *tailstock* menuju *headstock*. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 7. Hanya terdapat 1 parameter yang masih masuk dalam batas toleransi, yaitu kesejajaran peluncur *tailstock* terhadap *guide ways* pada arah horizontal. Sedangkan pada arah vertikal, terdapat penyimpangan sebesar 0,02 mm. Nilai negatif menunjukkan peluncur *tailstock* semakin menurun ke arah *headstock*. Parameter kesejajaran sumbu *tailstock* terhadap *guide ways*. Hasilnya menunjukkan sumbu *tailstock* terdapat penyimpangan sebesar +0,244 mm pada posisi horizontal dan -0,164 pada posisi vertikal. Untuk posisi horizontal, nilai positif menunjukkan semakin mendekati *headstock*, maka akan semakin mendekati operator. Sedangkan nilai negatif pada posisi vertikal menunjukkan semakin mendekati *headstock* maka posisinya akan menurun.



**Gambar 8.** Bidang Pengukuran CMM pada *Tailstock* Posisi Maju dan Mundur

**Tabel 8.** Hasil Pengukuran CMM *Tailstock*

| Bidang     | Keterangan   | Parameter   | Hasil (mm) | Test |
|------------|--|-------------|------------|------|
| Cylinder 1 | Pengecekan kesumbuan <i>tailstock</i> terhadap <i>headstock</i> posisi maju      | Kesumbuan   | 2,440      | Fail |
|            | Pengecekan kesejajaran <i>tailstock</i> terhadap <i>guide ways</i> posisi maju   | Kesejajaran | 0,675      | Fail |
| Cylinder 2 | Pengecekan kesumbuan <i>tailstock</i> terhadap <i>headstock</i> posisi mundur    | Kesumbuan   | 2,236      | Fail |
|            | Pengecekan kesejajaran <i>tailstock</i> terhadap <i>guide ways</i> posisi mundur | Kesejajaran | 0,199      | Fail |

Pada pengukuran CMM bagian *tailstock*, terdapat 2 skenario pengukuran yaitu posisi maju dan posisi mundur. Referensi bidang pengukuran *tailstock* ditunjukkan pada Gambar 8. Pada posisi maju, terdapat titik A1 sebagai posisi awal dan titik A2 sebagai posisi akhir. Sedangkan titik B1 sebagai posisi awal dan B2 posisi akhir saat mundur. Titik-titik ini merupakan titik ketinggian *bush center fix tailstock*. Parameter yang diukur yaitu pengecekan kesumbuan *tailstock* terhadap *headstock* dan kesejajaran sumbu *tailstock* terhadap *ways*. Toleransi yang diizinkan sebesar 0,05 mm untuk keseluruhan parameter. Hasil dari pengukuran CMM ditunjukkan pada Tabel 8. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa keseluruhan parameter berada di luar toleransi yang diizinkan. Pemeriksaan perbedaan jarak antara titik awal dan titik akhir pada posisi maju dan mundur juga dilakukan. Pada posisi maju, didapatkan perbedaan sebesar 0,622 mm dengan kondisi titik awal (A1) lebih rendah dibandingkan dengan titik akhir (A2). Sedangkan pada posisi mundur, didapatkan sebesar 0,168 mm dengan kondisi titik awal (B1) lebih rendah dibanding titik akhir (B2). Dari hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa pada *tailstock*, tidak satu sumbu dengan *headstock*, dan tidak sejajar dengan *guide ways*. Terdapat perbedaan posisi awal dan akhir baik pada saat maju ataupun mundur, dan cenderung turun ke arah *headstock*. Apabila membandingkan hasil CMM dengan pengukuran geometri pada *tailstock*, menunjukkan indikasi yang sama yaitu posisi *tailstock* semakin menurun ke arah *headstock*.

Dari kedua metode *assessment* geometri yang dilakukan untuk ketiga bagian mesin bubut yaitu *guide ways*, *spindle*, dan *tailstock*, didapatkan hasil yang sama antara metode pengukuran dan metode CMM. Hanya bagian *spindle* mesin bubut yang tidak bermasalah. Pada bagian *guide ways* dan *tailstock*, terdapat beberapa parameter yang di luar batas toleransi. Hasil olah data juga mengindikasikan hal yang sama untuk kedua bagian tersebut, yaitu nilai yang cenderung menurun ke arah *headstock*. Di luarnya batas toleransi ini juga dapat mengindikasikan penyimpangan geometri dari mesin bubut Harrison M390. Pada *guide ways* yang tidak rata, dapat mempengaruhi kualitas benda kerja yang dihasilkan, seperti hasil bubut yang tirus untuk benda kerja yang panjang (lebih dari 100 mm), diameter hasil bubut yang tidak konsisten, dan keausan pahat yang tidak merata. Sedangkan posisi *tailstock* yang menurun ke arah *headstock* dapat menyebabkan hasil benda kerja tidak *center*, hasil pengeboran tidak satu sumbu, dan tirusnya benda kerja apabila dilakukan pembubutan *between center*.

#### 4. Kesimpulan

*Assessment* geometri mesin bubut Harrison M390 telah dilakukan terhadap bagian-bagian mesin bubut seperti *guide ways*, *spindle*, dan *tailstock*. Ketiga bagian mesin bubut dilakukan *assessment* menggunakan pengukuran geometri dan CMM. Pada *guide ways*, kondisi hasil pengukuran menunjukkan geometri yang tidak rata. Hal ini terlihat dari nilai

pengukuran kedataran yang telah melewati batas toleransi dan tidak sejajarnya *guide ways* dengan *carriage*. Pada hasil CMM juga menunjukkan terdapat 10 bidang pengukuran dari 22 bidang pengukuran yang berada di luar toleransi. Baik dari hasil pengukuran geometri dan CMM, profil kedataran permukaan *guide ways* semakin menurun ke arah *headstock*. Pada *spindle*, baik metode pengukuran geometri dan CMM menunjukkan semua parameter kedataran, kesejajaran, dan ketegaklurusan masuk dalam batas toleransi yang diizinkan. Sedangkan pada *tailstock*, parameter kesejajaran dan kesumbuan berada di luar toleransi yang diizinkan, baik pada metode pengukuran maupun CMM. Pada hasil pengukuran, terdapat penyimpangan sebesar +0,244 mm pada posisi horizontal dan -0,164 pada posisi vertikal. Sedangkan pada hasil CMM, terdapat perbedaan sumbu sebesar 0,622 mm dan 0,168 mm masing-masing untuk posisi maju dan mundur. Sama seperti pada *guide ways*, pada *tailstock* menunjukkan posisi yang semakin menurun ke arah *headstock*. Hal ini dapat terjadi karena mesin bubut lebih sering dioperasikan di area dekat dengan *headstock*. Sehingga area ini lebih cepat aus dibandingkan dengan area yang lain. Secara keseluruhan, kedua metode *assessment* geometri menunjukkan hasil dan indikasi yang sama untuk bagian-bagian mesin bubut.

### Daftar Pustaka

- [1] Susanto A, Arrosida H, Fajar Subkhan M, Choirul Arifin A, Azka Prodi Teknik Perkeretaapian M, Teknik J, et al. Hubungan Parameter Pemesinan terhadap Gaya Potong, Temperatur, dan Power pada Proses Bubut Inconel 718. Vol. 24. 2022.
- [2] Ratlalan RM. Variasi Kecepatan Putaran Dan Kedalaman Gaya Potong Mesin Bubut Gedee Weiler LZ 330 G Terhadap Permukaan Baja Karbon ST 37. Jurnal Rekayasa Mesin. 2019;14(3).
- [3] Gundara G, Riyadi S. Pengukuran Ketelitian Komponen Mesin Bubut dengan Standar ISO 1708. Al JAzari Journal of Mechanical Engineering. 2017;2(2).
- [4] Mangngi F. Evaluasi Kondisi Mesin Bubut Harizon T300 Menurut Metode Schlesinger Sebagai Acuan Dalam Melakukan Tindakan Perawatan. Mesin Teknologi. 2018;12(2).
- [5] Indrawan E, A Y, Aziz A, Rifelino R, Tawakal MI. Analisis Kualitas Geometri Mesin Bubut Maximat Super 11. INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi. 2020;20(3).
- [6] Schlesinger G. Testing Machine Tools. 8th ed. Oxford: Pergamon Press; 1982.
- [7] Arif M, Arief DS, Syafri. Analisa Kedataran Guide Ways Terhadap Pengaruh Gerak Carriage pada Mesin Bubut G.D.W LZ 350 dengan Alat Ukur Digi-Pas DWL-200. JOM FTeknik. 2016;3(2):1–5.
- [8] Ratlalan RM, Maharani N. LEVELLING MESIN BUBUT LZ 330 G MENGGUNAKAN ALAT UKUR SPIRIT LEVEL. Otopro. 2023;
- [9] Harja HB, Suherlan E, Rusmana N. Experimental study of geometric error of CNC turning machine tools based on ISO 13041-6. Available from: <http://e-jurnal.pnl.ac.id/polimesin>
- [10] Harja HB, Nurbaniah A, Muhadi NSB, Noviandi A. Straightness Geometric Error Assessment for CNC Milling Machine. In: Key Engineering Materials. 2023.
- [11] Hammad Mian S, Al-Ahmari A. New developments in coordinate measuring machines for manufacturing industries. International Journal of Metrology and Quality Engineering. 2014;5(1).
- [12] Helmizar, Agustian AB, Alqap ASF. Pengukuran Kesalahan Gerak Sumbu X dan Sumbu Z Berdasarkan Hasil Cutting Test Mesin Bubut CNC Inovasi Menggunakan Coordinate Measuring Machine (CMM). Rekayasa Mekanik. 2021;5(1):15–8.

- [13] Ali SHR, Mohamd OM. Dimensional and geometrical form accuracy of circular pockets manufactured for aluminum, copper and steel materials on CNC milling machine using CMM. *International Journal of Engineering Research in Africa*. 2015;17.
- [14] Achelker C, Rao NS, Rajendra R, Krishaniah A. Performance Evaluation of Machine Tool Probe for In-process Inspection of 2D and 3D Geometries. *Procedia Technology*. 2014;14.
- [15] Hashemiboroujeni H, Marzdashti SE, Xing K, Mayer JRR. Five-axis machine tool coordinate metrology evaluation using the ball dome artefact before and after machine calibration. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*. 2019;3(1).
- [16] Cimcore INFINITE 2.0. [http://www.mahrkorea.co.kr/data/ect/07\\_New%20Cimcore%20INFINITE%202.0.pdf](http://www.mahrkorea.co.kr/data/ect/07_New%20Cimcore%20INFINITE%202.0.pdf). GTS Korea: Product Data; 2020 (Diakses pada tanggal 21 Maret 2024).