



# Uji Kelayakan Mesin Frais Vertikal Tipe SM-5 dengan Pengujian Ketelitian Geometrik

Fakhri Nur Cahyo<sup>1\*</sup>, Asep Apriana<sup>2</sup>, Darius Yuhas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi DIII Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

<sup>2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

\*Corresponding author *E-mail address*: fakhri.nurchahyo.tm20@mhs.w.pnj.ac.id

---

## Abstrak

Mesin frais mempunyai peran yang sangat besar dalam pembuatan komponen-komponen dengan ketelitian yang tinggi. Oleh karena itu, ketelitian dari produk yang dibuat sangat bergantung pada kondisi mesin itu sendiri. Mesin frais yang dipakai dalam jangka waktu tertentu dan kurangnya perawatannya dapat mengakibatkan terjadinya beberapa penyimpangan pada komponennya. Penyimpangan ini tidak boleh melebihi dari batas toleransi yang diizinkan. Mesin frais vertikal ini sudah berumur 16 tahun, kondisinya kurang terawat, dan belum pernah dilakukannya pengujian ketelitian geometrik sebelumnya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah mesin frais tersebut layak untuk digunakan atau tidak. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan pengujian ketelitian geometrik statis yakni melakukan pengujian saat mesin dalam keadaan diam dan tidak dikenai beban. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai penyimpangan untuk pengujian run out spindle sebesar 0,022 mm (toleransi 0,01 mm), kepararelan meja dengan gerakan membujur sebesar -0,008 mm (toleransi 0,02 mm), ketegaklurusan gerak vertikal spindle sebesar 0,139 mm (toleransi 0,01 mm), dan ketegaklurusan gerak vertikal lutut sebesar 0,134 mm (toleransi 0,01 mm).

*Kata-kata kunci: Pengujian, Ketelitian geometrik, Mesin frais, Penyimpangan, Toleransi*

## Abstract

Milling machines have a very large role in the manufacture of components with high accuracy. Therefore, the accuracy of the product is very dependent on the condition of the machine itself. A milling machine that is used for a certain period of time and lack of maintenance can result in some irregularities in its components. This deviation must not exceed the allowable tolerance limit. This vertical milling machine is 16 years old, poor condition, and has never been tested for geometric accuracy before. This test aims to determine whether the milling machine is still suitable for use or not. The method used is to do a static geometric accuracy test, namely testing when the machine is at rest and not subjected to a load. Based on the test results, the deviation value for the spindle run out test was 0.022 mm (tolerance 0.01 mm), table parallelism with longitudinal movements was -0.008mm (tolerance 0.02 mm), vertical spindle vertical motion was 0.139 mm (tolerance 0.01 mm), and vertical motion perpendicularity of the knee by 0.134 mm (tolerance 0.01 mm).

*Keywords: Tests, geometric accuracy, milling machines, deviations, tolerances*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Mesin frais mempunyai peran yang sangat besar dalam pembuatan komponen-komponen yang memiliki ketelitian yang tinggi. Oleh karena itu, ketelitian dari produk yang dibuat sangat bergantung pada kondisi mesin itu sendiri. Mesin frais yang dipakai dalam jangka waktu tertentu, digunakan pada beban kerja yang berat, dan kurangnya perawatan dapat mengakibatkan terjadinya beberapa penyimpangan pada komponennya. Penyimpangan pada komponen mesin frais ini mengakibatkan terjadinya perubahan pada ketelitian awal mesin. Penyimpangan ini tidak boleh melebihi dari batas penyimpangan yang diizinkan. Besarnya penyimpangan dapat diketahui dari pengujian ketelitian geometrik pada mesin frais ketika mesin tersebut dalam keadaan diam (statis) dan tidak dikenai beban.

Mesin frais vertikal SM-5 sudah berumur 16 tahun, kondisinya kurang terawat, dan belum pernah dilakukannya pengujian ketelitian geometrik sebelumnya. Untuk menjaga kualitas dan kepresisian dari benda kerja yang dibuat, maka perlu adanya pengujian ketelitian geometrik pada mesin frais tersebut. Pengujian ketelitian geometrik yang dilakukan adalah pengujian simpang putar spindle utama, kerataan meja kerja, keparalelan meja kerja dengan gerakan membujur dan melintang, ketegaklurusan gerak vertikal spindle, dan ketegaklurusan gerak vertikal lutut. Besarnya nilai penyimpangan yang didapat ketika pengujian geometrik akan diandingkan dengan nilai batas toleransi yang diizinkan.

### Tujuan Penelitian

Mengetahui besarnya penyimpangan yang terjadi pada mesin frais vertikal SM-5 dan untuk mengetahui apakah mesin frais tersebut masih layak untuk digunakan atau tidak.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Pengujian Ketelitian Geometrik

Mesin frais adalah mesin perkakas yang dalam proses pemotongannya dengan menyayat atau memakan benda kerja menggunakan alat potong bermata banyak yang berputar (Sumbodo W, 2008).

Pengujian ketelitian geometrik adalah pengukuran atau pengujian pada sebuah mesin perkakas yang bertujuan untuk mengambil data-data tentang kualitas dari suatu mesin perkakas agar dapat ditarik kesimpulan apakah mesin perkakas tersebut masih layak digunakan atau tidak.

Menurut Yatna Yuwana (2017), Terdapat tiga aspek utama untuk mengetahui kualitas dari suatu mesin perkakas, diantaranya :

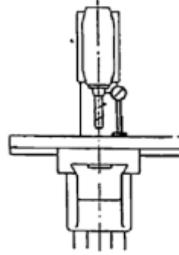
1. Aspek ketelitian geometrik yang secara langsung mempengaruhi ketelitian geometri benda kerja yang dihasilkan.
2. Aspek prestasi kerja (performance) yang menyangkut produktivitas dari suatu mesin perkakas.
3. Aspek kebisingan yang menyangkut tentang polusi suara yang dihasilkan ketika mesin perkakas beroperasi di tempat kerja yang dapat mengganggu kesehatan operator.

Kualitas mesin perkakas dapat dijaga dan dipertahankan jika mesin perkakas tersebut dilakukan kegiatan operasi perawatan, perbaikan, pengkalibrasian, dan penggantian komponen yang rusak. Untuk mengetahui komponen yang rusak, maka perlu adanya pengujian ketelitian geometrik untuk mengetahui besarnya penyimpangan-penyimpangan yang terjadi yang kemudian data tersebut dapat dijadikan dasar untuk mengambil tindakan selanjutnya.

### Objek Pengujian

1. Pengujian simpang putar (run out) spindle utama

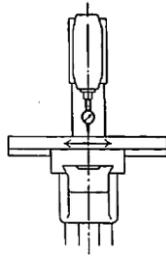
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui simpang putar pada putaran spindle utama mesin frais. Penyimpangan pada bagian ini akan mempengaruhi kualitas dari benda kerja yang dihasilkan, menyebabkan vibrasi, dan keausan yang cepat pada alat potong. Batas toleransi yang diizinkan pada pengujian simpang putar (run out) spindle utama adalah 0,01 mm



Gambar 1 Petunjuk posisi dial pada pengujian simpang putar (run out) spindle utama

## 2. Pengujian kepararelan meja kerja dengan gerakan membujur

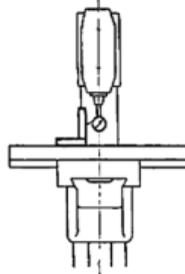
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kepararelan meja kerja dengan gerakan membujur. Penyimpangan dapat berpengaruh pada bentuk benda kerja yang dihasilkan tidak sama saat melakukan pemakanan permukaan. Batas toleransi yang diizinkan pada pengujian kepararelan meja kerja dengan gerakan membujur adalah 0,02 mm



Gambar 2 Petunjuk posisi dial pada pengujian kepararelan meja kerja dengan gerakan membujur

## 3. Pengujian ketegaklurusan gerak vertikal spindle

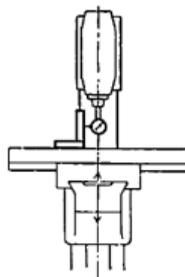
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketegaklurusan gerak vertikal spindle terhadap meja. Penyimpangan pada bagian ini akan mengakibatkan ketidakpresisian saat melakukan kegiatan pengeboran. Batas toleransi yang diizinkan pada pengujian ketegaklurusan gerak vertikal spindle adalah 0,02 mm



Gambar 3 Petunjuk posisi dial pada pengujian gerak vertikal spindle

## 4. Pengujian ketegaklurusan gerak vertikal lutut

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketegaklurusan gerak vertikal lutut dengan meja kerja. Penyimpangan pada bagian ini akan mengakibatkan ketidakpresisian saat melakukan kegiatan pembabatan dan pengeboran. Batas toleransi yang diizinkan pada pengujian ketegaklurusan gerak vertikal spindle adalah 0,02 mm



Gambar 4 Petunjuk posisi dial pada pengujian gerak vertikal lutut

## Pengujian data

Pengujian data digunakan untuk menguji apakah data yang sudah didapatkan menunjukkan keseragaman data pengukuran. Parameter yang digunakan untuk pengujian data adalah dengan menghitung nilai rata-rata ( $\bar{x}$ ).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Dimana,

$\bar{x}$  = Nilai rata-rata

$\sum x_i$  = Jumlah seluruh  $x_i$

$n$  = banyaknya data

## METODE PENELITIAN

### Prosedur Pengujian

1. Persiapkan peralatan seperti Waterpass, Dial Indicator, dan Testbar/Mandrel
2. Bersihkan bagian-bagian mesin yang akan dilakukan pengujian
3. Lakukan leveling pada mesin, hal ini bertujuan agar tidak ada bidang referensi yang mengalami puntiran (twisting) dan sedapat mungkin horizontal. Adapun langkah-langkah leveling mesin sebagai berikut :

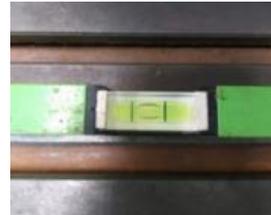
Prosedur levelling pada mesin frais adalah sebagai berikut :

- Bersihkan Mesin



Gambar 5 Cleaning meja kerja

- Lakukan pengukuran level pada arah membujur



Gambar 6 Pengukuran level dalam arah membujur sebelum penyetaraan

- Lakukan pengukuran level pada arah melintang



Gambar 7 Pengukuran level dalam arah melintang sebelum penyetaraan

- Lakukan penyetingan pada baut yang terletak pada bagian *base* mesin



Gambar 8 Penyetingan level mesin

- Lakukan pengukuran level kembali pada arah membujur mesin



Gambar 9 Pengukuran level dalam arah membujur sesudah penyetaraan

- Lakukan Pengukuran level kembali pada arah melintang mesin



Gambar 10 Pengukuran level dalam arah melintang sesudah penyetaraan

- Ketika mesin sudah dalam posisi yang selaras (level) maka kegiatan levelling mesin sudah selesai
- 4. Lakukan pengujian ketelitian geometrik
- 5. Catat hasil pengujian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Simpang Putar (Run Out) Spindle Utama

Prosedur pengambilan data pengujian simpang putar (runout) spindle utama adalah sebagai berikut :

1. Bersihkan meja kerja dan spindle dari debu dan kotoran
2. Pasang testbar pada spindle
3. Letakan dial indicator pada meja kerja
4. Posisikan dial indikator menempel pada bagian eksternal spindle. Lihat gambar 1
5. Putar spindle secara manual dengan menggunakan tangan searah jarum jam (CW)
6. Catat hasil pengukuran pada posisi derajat putar  $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ , dan  $360^\circ$

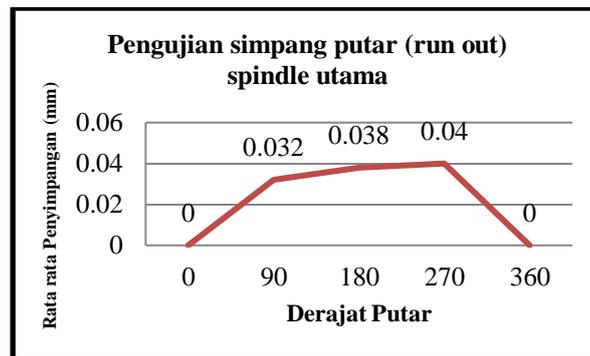


Gambar 11 Posisi dial saat pengujian simpang putar spindle utama

Setelah dilakukan pengukuran sebanyak 10 kali percobaan. Didapatkan nilai rata-rata untuk setiap derajat putar yang sudah ditentukan seperti pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengujian simpang putar (run out) spindle utama

Pengujian simpang putar (run out) spindle utama											
Derajat putar	Pengukuran ke-n dalam milimeter (mm)										Rata-rata derajat putar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,032
180	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,038
270	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nilai rata-rata akhir											0,022



Gambar 12 Grafik pengujian simpang putar spindle utama

Besar penyimpangan pada pengujian simpang putar (run out) spindle utama sebesar 0,022 mm dengan batas toleransi yang diizinkan sebesar 0,01 mm, artinya nilai penyimpangan sudah melebihi batas toleransi yang diizinkan. Hal ini menandakan bahwa simpang putar (run out) spindle utama berada dalam kondisi yang tidak layak

### Pengujian Keperarelalan Meja Kerja dengan Gerakan Membujur

Prosedur pengambilan data pengujian kepararelalan meja kerja dengan gerakan membujur adalah sebagai berikut :

1. Bersihkan meja kerja dan spindle dari debu dan kotoran
2. Pasang dial indicator pada spindle
3. Letakan dial indikator sesuai dengan gambar petunjuk pengujian. Posisikan plunger dial indikator menempel pada permukaan meja kerja. Lihat gambar 2
4. Gerakan meja kerja pada arah membujurnya
5. Catat hasil pengukuran sesuai dengan jarak yang sudah ditentukan

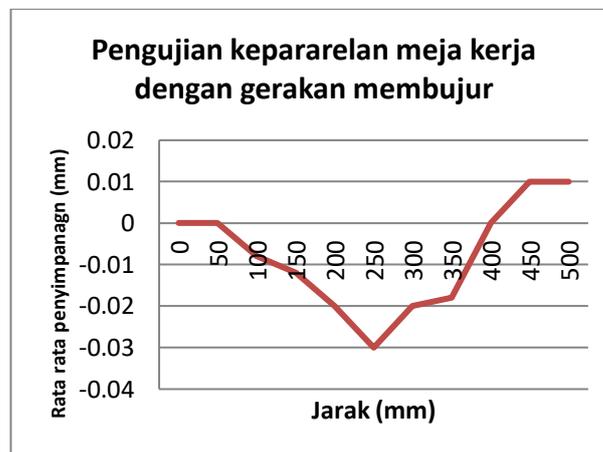


Gambar 13 Posisi dial saat pengujian kepararelalan meja kerja dengan gerakan membujur

Setelah dilakukan 10 kali percobaan pengukuran, didapatkan nilai rata-rata untuk setiap jarak yang sudah ditentukan seperti pada tabel 2. Tanda minus (-) memiliki arti arah penyimpangan yang terjadi pada objek yang dilakukan pengukuran menjauhi dial indikator pada saat dilakukannya pengujian.

Tabel 2 Hasil pengujian kepararelan meja kerja dengan gerakan membujur

Pengujian kepararelan meja kerja dengan gerakan membujur											
Jarak	Pengukuran ke-n dalam milimeter (mm)										Rata-rata jarak
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	-0,01	-0,01	0	-0,01	-0,01	0	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,008
150	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,012
200	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
250	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03
300	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
350	-0,02	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,018
400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
450	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
500	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Nilai rata-rata akhir											-0,008



Gambar 14 Grafik pengujian kepararelan meja kerja dengan gerakan membujur

Besar penyimpangan pada pengujian kepararelan meja kerja dengan gerakan membujur sebesar -0,008 mm dengan batas toleransi yang diizinkan sebesar 0,02 mm, artinya nilai penyimpangan berada dalam batas toleransi yang diizinkan. Hal ini menandakan bahwa kepararelan meja kerja dengan gerakan membujur dalam kondisi yang layak

### Pengujian Ketegaklurusan Gerak Vertikal Spindle

Prosedur pengambilan data pengujian ketegaklurusan gerak vertikal spindle adalah sebagai berikut :

1. Bersihkan meja kerja dan spindle dari debu dan kotoran
2. Pasang dial indicator pada spindle
3. Letakan testbar siku pada meja kerja
4. Letakan dial indikator sesuai dengan gambar petunjuk pengujian. Posisikan plunger dial indikator menempel pada testbar siku. Lihat gambar 3
5. Gerakan spindle secara vertikal
6. Catat hasil pengukuran sesuai dengan jarak yang sudah ditentukan

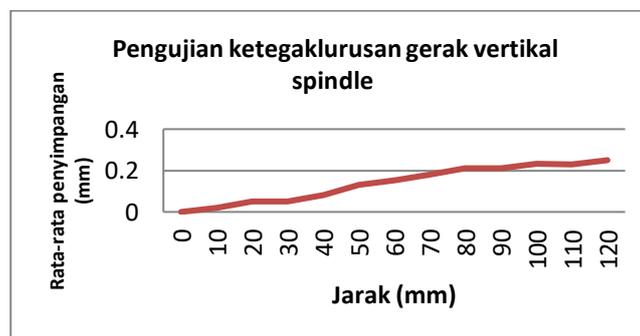


Gambar 15 Posisi dial saat pengujian ketegaklurusan gerak vertikal spindle

Setelah dilakukan 10 kali percobaan pengukuran, didapatkan nilai rata-rata untuk setiap jarak yang sudah ditentukan seperti pada tabel 3. Tanda minus (-) memiliki arti arah penyimpangan yang terjadi pada objek yang dilakukan pengukuran menjauhi dial indikator pada saat dilakukannya pengujian.

Tabel 3 Hasil pengujian ketegaklurusan gerak vertikal spindle

Pengujian ketegaklurusan gerak vertikal spindle											
Jarak (mm)	Pengukuran ke-n dalam milimeter (mm)										Rata-rata Jarak
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
20	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,051
30	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,051
40	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
50	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,13	0,13	0,132
60	0,15	0,15	0,16	0,15	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,152
70	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
80	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,22	0,21	0,21	0,211
90	0,21	0,21	0,21	0,22	0,21	0,21	0,22	0,21	0,21	0,21	0,212
100	0,23	0,23	0,24	0,23	0,24	0,23	0,23	0,24	0,23	0,23	0,233
110	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
120	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Nilai rata-rata akhir											0,139



Gambar 16 Grafik pengujian ketegaklurusan gerak vertikal spindle

Besar penyimpangan pada pengujian ketegaklurusan gerak vertikal spindle sebesar 0,139 mm dengan batas toleransi yang diizinkan sebesar 0,02 mm, artinya nilai penyimpangan sudah melebihi batas toleransi yang diizinkan. Hal ini menandakan bahwa ketegaklurusan gerak vertikal spindle berada dalam kondisi yang tidak layak

### Pengujian Ketegaklurusan Gerak Verikal Lutut

Prosedur pengambilan data pengujian ketegaklurusan gerak vertikal lutut adalah sebagai berikut :

1. Bersihkan meja kerja dan spindle dari debu dan kotoran dan pasang dial indicator pada spindle
2. Letakan testbar siku pada meja kerja kemudian posisikan dial indicator seperti gambar 4
3. Gerakan lutut mesin secara vertikal
4. Catat hasil pengukuran sesuai dengan jarak yang sudah ditentukan.

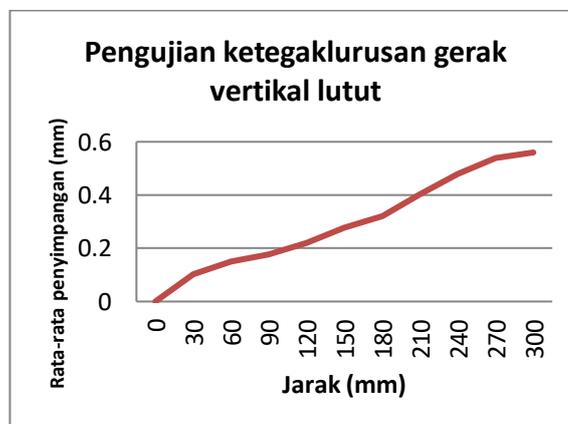


Gambar 17 Posisi dial pada pengujian ketegaklurusan gerak vertikal lutut

Setelah dilakukan 10 kali percobaan pengukuran, didapatkan nilai rata-rata untuk setiap jarak yang sudah ditentukan seperti pada tabel 4.

Tabel 4 Hasil pengujian ketegaklurusan gerak vertikal lutut

Pengujian Ketegaklurusan gerak vertikal lutut											
Jarak (mm)	Pengukuran ke-n dalam milimeter (mm)										Rata-rata jarak
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0,1	0,1	0,11	0,1	0,1	0,11	0,1	0,11	0,1	0,1	0,103
60	0,15	0,14	0,15	0,15	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
90	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,18	0,18	0,17	0,18	0,18	0,178
120	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,221
150	0,28	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,278
180	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
210	0,4	0,41	0,4	0,4	0,4	0,41	0,4	0,41	0,4	0,4	0,403
240	0,48	0,48	0,47	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,479
270	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
300	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Nilai rata-rata akhir											0,294



Gambar 18 Grafik pengujian ketegaklurusan gerak vertikal lutut

Besar penyimpangan pada pengujian ketegaklurusan gerak vertikal lutut sebesar 0,294 mm dengan batas toleransi yang diizinkan sebesar 0,02 mm, artinya nilai penyimpangan sudah melebihi batas toleransi yang diizinkan. Hal ini menandakan bahwa ketegaklurusan gerak vertikal lutu berada dalam kondisi yang tidak layak

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan pengujian ketelitian geometrik yang telah dilakukan pada mesin frais vertikal tipe SM-5, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengujian simpang putar (run out) spindle utama didapatkan nilai penyimpangan sebesar 0,022 mm dengan toleransi 0,01 mm. Nilai penyimpangan yang didapatkan sudah diluar batas toleransi yang diizinkan artinya simpang putar spindle berada dalam kondisi yang tidak layak.
2. Pengujian keparalelan meja kerja dengan gerakan membujur didapatkan nilai penyimpangan sebesar - 0,008 mm dengan toleransi 0,02 mm. Nilai penyimpangan yang didapatkan masih dalam batas toleransi yang diizinkan, artinya keparalelan meja kerja dengan gerakan membujurnya dalam kondisi yang layak.
3. Pengujian ketegaklurusan gerak vertikal spindle didapatkan nilai penyimpangan sebesar 0,139 mm dengan toleransi 0,02 mm. Nilai penyimpangan yang didapatkan diluar batas toleransi yang diizinkan, artinya ketegaklurusan gerak vertikal spindle dalam kondisi yang tidak layak.
4. Pengujian ketegaklurusan gerak vertikal lutut didapatkan nilai penyimpangan sebesar 0,294 mm dengan toleransi 0,02 mm. Nilai penyimpangan yang didapatkan diluar batas toleransi yang diizinkan, artinya ketegaklurusan gerak vertikal dalam kondisi yang tidak layak.
5. Dari 4 pegujian yang telah dilakukan, hanya 1 pengujian yang berada dalam kondisi yang layak sedangkan sisanya sebanyak 3 pengujian berada dalam kondisi yang tidak layak. Berdasarkan hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa mesin frais vertikal tipe SM-5 berada dalam kondisi tidak layak untuk digunakan
6. Melihat hal ini, diperlukannya tindakan perbaikan dan pengkalibrasian ulang khususnya pada bagian-bagian yang memiliki nilai penyimpangan yang cukup besar seperti pada bagian spindle dan lutut mesin pada mesin frais vertikal tipe SM-5

### Saran

Dalam pengujian ketelitian geometrik diperlukan beberapa alat ukur untuk mengetahui besar penyimpangan yang terjadi. Untuk mendapatkan nilai penyimpangan yang lebih akurat dan presisi diperlukannya alat ukur yang lebih modern dan teliti agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

## REFERENSI

1. Ade Sumpena, A. S. (2010). Studi Kemampuan Dan Keandalan Mesin Milling F4 Melalui Pengujian Karakteristik Statik Menurut Standar Iso 1701. *POLITEKNOLOGI VOL.9 NO 3*.
2. Asep Apriana, B. P. (2015). ANALISA KELAYAKAN MESIN MILLING F3 DENGAN PENGUJIAN KETELITIAN GEOMETRIK. *POLITEKNOLOGI VOL. 14 NO.3*.
3. Darius Yuhans, A. S. (2016). PENGUKURAN STATIS KETELITIAN GEOMETRIK MESIN BUBUT MAXIMAT V13 DI BENGKEL TEKNIK MESIN PNJ MENURUT REFERENSI. *POLITEKNOLOGI*, 215-228.
4. Mitutoyo. (2018). *Mitutoyo Measuring Instruments Catalog No. US-1005*. Illinois: Mitutoyo America Corporation.
5. Schlesinger, D. G. (1977). *Testing Machine Tools*. London : The Machinery Publishing, Co.LTD.
6. Sumbodo, W. (2008). Teknik Produksi Mesin Industri Jilid 2. Dalam W. Sumbodo, *Teknik Produksi Mesin Industri Jilid 2* (hal. 278). Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
7. Yuwana, Y. (2017). Acceptance Test Mesin Perkakas . <https://Journals.itb.ac.id>, 54-71.