

ANALISIS HASIL REKONDISI MESIN FRAIS ACIERA F3 TERHADAP PENGUJIAN GEOMETRIS, UJI JALAN DAN UJI GETARAN

Fajar Aswin¹, M. Riva'i², Dedy Firmansyah³, Akmarul Umam⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
Sungailiat, Bangka Belitung, Indonesia, 33211
Kawasan Industri Air Kantung, Sungailiat-Bangka, 33211
Tel: 0717-93586, Fax: 0717-93585, fajar@polman-babel.ac.id

Abstract

The recondition of the Aciera f3/07 milling machine has been done to restore the machine condition to be ready for use. The machine was damaged and caused the machine to be unable to operate and made electrical and mechanical components fail. The feasibility of the machine is tested to see the achievement of the purpose of machine reconditioning. This paper aims to see the results of the geometric testing of the machine compared with the results of running test and the vibration measurement of the machine parts. This study uses an experimental method, where damage to the machine will be identified and the damage will be immediately carried out repairs or replacement of spare parts. Furthermore, machine performance was testing including machine geometry testing, vibration testing and running test in accordance with ISO-1708 standards. The test results show that there is no significant difference between the results of the geometric precision testing of the machine on vibration testing and road testing. This can indicate that all three tests can be used as a reference in validating the results of machine repair, especially repairing irregularities in the geometric accuracy of the Aciera F3 milling machine.

Keywords: Machine reconditioning, milling machines, geometric testing, running test, vibration measurement

Abstrak

Rekondisi mesin frais Aciera f3/07 telah dilakukan untuk mengembalikan kondisi mesin agar siap digunakan. Mesin tersebut mengalami kerusakan sehingga menyebabkan mesin tidak dapat dioperasikan dan menyebabkan komponen elektrik dan mekanik mengalami gagal. Kelayakan mesin diuji untuk melihat ketercapaian dari tujuan rekondisi mesin. Tulisan ini bertujuan untuk melihat hasil pengujian geometris mesin yang dibandingkan dengan hasil pengujian jalan dan pengujian getaran bagian mesin. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, dimana kerusakan mesin yang terjadi akan diidentifikasi kerusakannya dan langsung dilakukan perbaikan atau penggantian suku cadang. kemudian dilakukan pengujian kinerja mesin diantaranya pengujian geometri mesin, pengujian vibrasi dan pengujian jalan sesuai dengan standar ISO-1708. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara hasil pengujian ketelitian geometris mesin terhadap pengujian getaran dan pengujian jalan. Hal ini dapat menunjukkan bahwa ketiga pengujian dapat dijadikan sebagai acuan dalam memvalidasi hasil perbaikan mesin khususnya perbaikan penyimpangan ketelitian geometris mesin frais Aciera F3.

Kata kunci : rekondisi mesin, mesin frais, pengujian geometris, uji jalan, getaran

1. PENDAHULUAN

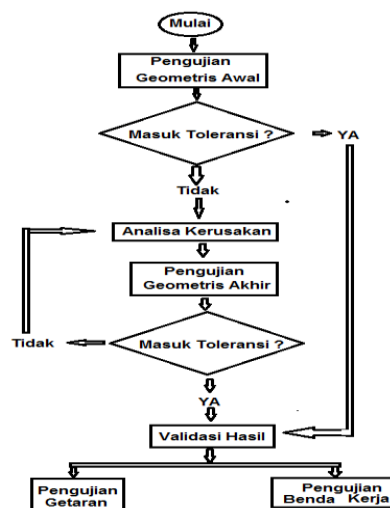
Saat ini proses produksi selalu dituntut untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi, hal ini tidak dapat dipisahkan dari beberapa faktor seperti, kondisi mesin yang digunakan untuk proses produksi. Mesin frais adalah mesin pemotong logam dengan gerakan utama spindel berputar yang banyak digunakan untuk proses produksi, mesin ini mampu melakukan banyak variasi bentuk kerja dibandingkan mesin lainnya, seperti permukaan lurus atau lekukan, celah, roda gigi, lubang, ekor burung, dan lainnya menggunakan berbagai bentuk alat pemotong. Karena mesin ini digunakan untuk membuat produk, maka keakuratan produk yang dibuat sangat tergantung pada kondisi ketelitian geometris mesin tersebut. Beberapa faktor yang mempengaruhi ketelitian geometris mesin meliputi: akurasi permukaan referensi, akurasi gerak linier, akurasi gerak spindel dan akurasi perpindahan bagian – bagian mesin. Mesin frais yang telah digunakan untuk jangka waktu tertentu akan mengalami keausan pada berbagai komponen yang menyebabkan penyimpangan dari kondisi awal. Jumlah penyimpangan yang terjadi dapat dilihat dari

hasil uji ketelitian geometri. Untuk peralatan mesin yang telah mengalami rekondisi, data uji geometrik juga bisa digunakan sebagai ukuran keberhasilan upaya rekondisi. Untuk mengetahui ketelitian geometrik suatu mesin, perlu dilakukan pengujian dengan mengacu pada standar. Pengembangan prosedur pengujian ini dipelopori oleh G. Schlesinger dengan membuat standar kelayakan untuk peralatan mesin[1].

Mesin frais Aciera f3 adalah salah satu jenis mesin frais yang digunakan di Laboratorium Mekanik Polman Negeri Bangka Belitung untuk mendukung proses belajar mengajar untuk mata kuliah praktik proses permesinan mengefrais. Dari beberapa mesin frais Aciera f3 yang ada, mesin frais no 07 mengalami kerusakan yang serius sehingga kondisi mesin tersebut tidak dapat dipakai untuk praktik mahasiswa. Berdasarkan hal tersebut diatas, telah dilakukan tindakan perbaikan untuk mengembalikan kondisi (rekondisi) mesin frais Aciera f3/07 yang difokuskan pada masalah : perbaikan sistem kelistrikan, perbaikan penyimpangan geometris dan pengujian kinerja mesin (putaran spindle, uji jalan, serta getaran). Adapun metode pelaksanaan yang diterapkan adalah metode observasi dengan melihat hubungan sebab akibat menggunakan analisa 5 (lima) mengapa untuk menyelesaikan permasalahan yang ditimbul dari hasil pengumpulan data awal yang kemudian dilanjutkan dengan proses perencanaan perbaikan dan tindakan perbaikan. Artikel ini akan membahas analisa hasil perbaikan mesin frais Aciera F3 terhadap pengujian ketelitian geometris dan pengujian kinerja (putaran spindle, uji jalan pada benda kerja, serta pengujian getaran).

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang diterapkan pada artikel ini menggunakan metode penelitian eksperimental, dimana kerusakan mesin dianalisa berdasarkan penyimpangan geometris mesin terhadap parameter ukuran, posisi dan bentuk masing – masing komponen mesin terhadap komponen mesin lainnya baik secara statis maupun dinamis. Kemudian tindakan perbaikan dilakukan untuk mengembalikan kondisi geometris mesin sesuai standar toleransi yang diizinkan untuk masing – masing parameter berdasarkan standar ISO-1708 untuk mesin perkakas dengan kategori power medium. Gambar 2.1 menunjukkan alur penelitian yang dilakukan untuk menguji hasil pengujian geometris yang kemudian dibandingkan dengan pengujian kinerja mesin berdasarkan standar getaran dan hasil uji jalan terhadap benda kerja.



Gambar 1. Alur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Awal ketelitian geometris mesin

Sebelum ketelitian geometris mesin diperbaiki, kondisi awal geometris mesin (*initial condition*) terlebih dahulu harus dilakukan pengukuran untuk kemudian dibandingkan dengan standar toleransi yang diizinkan sesuai dengan spesifikasi mesin (ISO-1708) [2]. Berdasarkan hasil pengukuran awal, kemudian dilakukan tindakan – tindakan perbaikan termasuk penyetulan sesuai kaidah teknik (Kalibrasi mesin perkakas) untuk parameter – parameter yang terdapat penyimpangan ketelitian. Analisa kerusakan

dilakukan dengan metode 5-Why [3] untuk menentukan tindakan perbaikan yang paling efektif. Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran awal dan tindakan perbaikan yang dilakukan.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Awal

No	Area	Deskripsi Pengukuran	Toleransi	Hasil	Keterangan	No	Area	Deskripsi Pengukuran	Toleransi	Hasil	Keterangan	
				Pengukuran Awal (mm)						Pengukuran Awal (mm)		
1	Spindel Kepala Tetap (Headstock Spindle)	Eksentrisitas lancip internal	0,005	0,00	Masuk toleransi	11	Vertical Slide	Terhadap belakang cylinder	0,02	0,02	Masuk toleransi	
2		Perubahan Aksial	0,005	0,00	Masuk toleransi	12		Terhadap depan cylinder	0,02	0,25	Tidak masuk toleransi	
3		Eksentrisitas pada adaptor	0,005	0,05	Tidak masuk toleransi	13	Work Table	Kemiringan Vertical	0,015	0,02	Tidak masuk toleransi	
4		Perubahan Sumbu Horizontal	0,015	0,01	Masuk toleransi	14		Kemiringan horisontal	0,02	0,08	Tidak masuk toleransi	
5		Perubahan Sumbu Vertical	0,015	0,01	Masuk toleransi	15		Kemiringan Tee-Slots	0,02	0,08	Tidak masuk toleransi	
6		Kerataan Slot dalam	0,01	0,00	Masuk toleransi	16	Vertical Milling Head	Eksentrisitas lancip internal	0,005	0,00	Masuk toleransi	
7		Kerataan slot luar	0,01	0,00	Masuk toleransi	17		Perubahan Aksial	0,005	0,07	Tidak masuk toleransi	
8		Longitudinal slide	Longitudinal Slide Table	0,02	0,09	Tidak masuk toleransi		18	Eksentrisitas pada arbor	0,02	0,04	Tidak masuk toleransi
9			Pengukuran slide horizontal	0,02	0,00	Masuk toleransi		19	Putaran 0--180°	0,02	0,87	Tidak masuk toleransi
10			Pengukuran slide vertical	0,01	0,00	Masuk toleransi	20	Putaran 90--270°	0,02	0,9	Tidak masuk toleransi	

Tabel 2. Tindakan Perbaikan terhadap penyimpangan

No	Item pengukura	Toleransi	Pengukuran awal	langkah perbaikan	No	Item pengukura	Toleransi	Pengukuran awal	langkah perbaikan
1	Eksentrisitas pada adaptor	0,005	0,05	Gib di pasang rata dengan permukaan bagian slideway sumbu y, kemudian dikencangkan dengan <i>adjust worm</i>	5	Kemiringan horisontal	0,02	0,08	Baut penahan pada bagian bawah <i>table</i> di setel
2	Longitudinal Slide Table	0,02	0,09	Gib di pasang rata dengan permukaan bagian slideway sumbu x, kemudian dikencangkan dengan <i>adjust worm</i>	6	Kemiringan Tee-Slots	0,02	0,08	Baut penahan pada bagian kiri dan kanan <i>table</i> di setel
3	Terhadap depan cylinder	0,02	0,25	Baut penahan pada bagian kiri dan kanan <i>table</i> di setel	7	Perubahan Aksial	0,005	0,07	<i>Setting</i> busur penunjuk kepala adaptor pada kondisi "0", atau sesuaikan
4	Kemiringan Vertical	0,015	0,02	Baut penahan pada bagian atas dan bawah <i>table</i> di setel	8	Eksentrisitas pada arbor	0,02	0,04	<i>Setting</i> busur penunjuk kepala adaptor pada kondisi "0", atau sesuaikan dengan alat ukur <i>dial indicator</i>
					9	Putaran 0--180°	0,02	0,87	Setel 3 baut penyangga meja di bagian bawah, sesuaikan dengan alat ukur <i>dial indicator</i>
					10	Putaran 90--270°	0,02	0,9	Setel 3 baut penyangga meja di bagian bawah, sesuaikan dengan alat ukur <i>dial indicator</i>

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 1, dari 20 buah parameter pengujian terdapat 10 parameter yang terjadi penyimpangan dan harus diperbaiki. Dari 10 parameter yang mengalami

penyimpangan kemudian dilakukan analisa kerusakan dengan metode 5 Why untuk menentukan penyebab kerusakan dan perbaikan yang seharusnya dilakukan. Hasil analisa kerusakan dan tindakan perbaikan dirangkum pada Tabel 2.

3.2 Rancangan Sistem Validasi Hasil Pengujian

Untuk memvalidasi hasil akhir pengujian ketelitian geometris setelah perbaikan dilakukan pengujian kinerja mesin berdasarkan kondisi getaran spindle utama mesin dan pengujian hasil proses permesinan terhadap benda kerja.



Gambar 2. Alat Pengukur Getaran (VibroPort-41 Schenk)

Pada gambar 3.3 terlihat alat bantu pengujian kinerja berdasarkan getaran menggunakan unit pengukur getaran merek Schenk tipe VibroPort-41 [4] dengan spesifikasi sebagai berikut :

- A. Processing Unit dan Display, sebagai pemroses signal analog dan sumber power bagi transduser B dan C yang kemudian menampilkan hasil pengukuran dalam satuan akselerasi m/s^2 RMS (*Root Mean Square*).
- B. Sensor getaran tipe akselerometer *Piezoelectric Resistive Capacitance* (PZT, AS-63)[5], dengan nilai sensitivitas 100mv/G yang mampu mengukur getaran dengan frekuensi Bandwidth 1-60.000 Khz.
- C. Sensor transduser cahaya untuk mengukur kecepatan putaran (RPM) P-84 *Optical Reference Sensor* [6].
- D. Pemegang sensor transduser cahaya
- E. Adaptor power unit *processing* untuk memberikan tegangan yang dibutuhkan.
- F. *Magnet holder* sebagai *mounting device* bagi sensor akselerometer agar dapat menempel erat pada bagian mesin yang diukur.

Sensor akselerometer akan ditempatkan pada bagian mesin yang paling dekat dengan komponen mesin yang berputar, dalam penelitian ini diletakkan pada bagian kepala spindle (lebih dekat kepada poros spindle) pada posisi vertical dan horizontal. Pengukuran dilakukan dengan parameter variasi putaran spindle dari 100 – 2000 RPM dengan 4 posisi pengukuran (mendekati kepala spindle dan elemen transmisi utama dari motor utama).

Pengujian kinerja kedua dilakukan dengan cara melakukan proses permesinan untuk memotong benda kerja pada ketiga sumbu bergerak mesin (X,Y dan Z) dan membandingkan hasil pemotongan terhadap gambar ukuran yang diinginkan. Hasil pengujian akan ditampilkan pada bagian artikel selanjutnya.

3.3 Hasil Pengujian

3.3.1 Hasil Pengujian Ketelitian Geometris

Uji ketelitian geometris bertujuan untuk mendapatkan nilai perubahan komponen – komponen utama mesin berkaitan dengan dimensi, bentuk, dan posisi terhadap komponen – komponen lainnya . Adapun hasil pengujian ketelitian geometris setelah proses perbaikan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil pengujian ketelitian geometris Mesin Aciera F3 setelah diperbaiki






No	Area	Deskripsi Pengukuran	Toleransi	Hasil	Keterangan
				Pengukuran Akhir (mm)	
1	Spindel Kepala Tetap (Headstock Spindle)	Eksentrisitas lancip internal	0,005	0,004	Masuk toleransi
2		Perubahan Aksial	0,005	0,002	Masuk toleransi
3		Eksentrisitas pada adaptor	0,005	0,005	Masuk toleransi
4		Perubahan Sumbu Horizontal	0,015	0,002	Masuk toleransi
5		Perubahan Sumbu Vertical	0,015	0,000	Masuk toleransi
6		Kerataan Slot dalam	0,01	0,008	Masuk toleransi
7		Kerataan slot luar	0,01	0,006	Masuk toleransi
8	Longitudinal slide	Longitudinal Slide Table	0,02	0,014	Masuk toleransi
9		Pengukuran slide horizontal	0,02	0,003	Masuk toleransi
10		Pengukuran slide vertical	0,01	0,001	Masuk toleransi
11	Vertical Slide	Terhadap belakang cylinder	0,02	0,019	Masuk toleransi
12		Terhadap depan cylinder	0,02	0,017	Masuk toleransi
13	Work Table	Kemiringan Vertical	0,015	0,010	Masuk toleransi
14		Kemiringan horisontal	0,02	0,011	Masuk toleransi
15		Kemiringan Tee-Slots	0,02	0,004	Masuk toleransi
16	Vertical Milling Head	Eksentrisitas lancip internal	0,005	0,002	Masuk toleransi
17		Perubahan Aksial	0,005	0,002	Masuk toleransi
18		Eksentrisitas pada arbor	0,02	0,004	Masuk toleransi
19		Putaran 0°-180°	0,02	0,180	Masuk toleransi
20		Putaran 90°-270°	0,02	0,170	Masuk toleransi

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa setiap parameter pengujian telah masuk dalam toleransi yang diizinkan. Pengujian yang dilakukan adalah sebanyak tiga kali untuk memvalidasi hasil pengukuran.

3.3.2 Data Hasil Pengujian Getaran

Berikut ini hasil pengukuran getaran menggunakan VibroPort41 merek B&K dengan spesifikasi transduser accelerometer AC60 tipe piezocapacitive resistive untuk melihat relevansi hasil pengujian ketelitian geometris mesin terhadap getaran yang ditimbulkan oleh komponen – komponen mesin sesuai dengan standar ISO-10816 tentang pengujian *vibration severity* untuk mesin yang beroperasi pada kecepatan putaran 600 sampai 12.000 RPM.

Tabel 4. Hasil Pengujian Getaran Mesin Aciera F3

LEMBAR INSPEKSI GETARAN										
No.	gambar	posisi sensor	RPM							
			100	175	300	400	500	700	1200	2000
1		Ch1 vertikal	0,27	0,31	0,6	0,84	0,77	1,01	1,23	1,64
		Ch2 horizontal	0,58	0,68	0,9	1,62	1,76	1,78	2,6	2,78
2		Ch1 vertikal	0,08	0,1	0,17	0,58	0,29	0,66	0,87	1,03
		Ch2 horizontal	0,22	0,3	0,54	0,97	1,08	1,5	2,5	3,27
3		Ch1 vertikal	0,09	0,12	0,24	0,55	0,38	0,65	0,91	1,32
		Ch2 horizontal	0,26	0,33	0,6	1,16	1,11	1,61	2,22	3,14
4		Ch1 horizontal	0,15	0,24	0,5	0,83	0,84	1,1	1,96	2,02
		Ch2 horizontal	0,15	0,24	0,51	0,81	0,85	1,08	1,99	2,08
5		Ch1 horizontal	0,24	0,34	0,59	1,15	0,88	1,52	1,87	1,75
		Ch2 horizontal	0,23	0,32	0,55	1,09	0,84	1,45	1,74	1,73

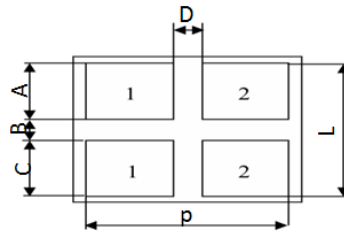
Ket :

	Good		Satisfactory		Unsatisfactory
--	------	--	--------------	--	----------------

Pengukuran getaran difokuskan pada kepala tetap (*Head Stock*) dimana spindle utama berada untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat dan elemen transmisi pemindah putaran. Berdasarkan hasil pengujian getaran yang ditunjukkan pada Tabel 4 diatas, diperoleh nilai getaran masih masuk dalam toleransi (*satisfactory*) untuk kecepatan putaran dibawah 1200 RPM, sedangkan untuk kecepatan putaran diatas 1200 RPM menunjukkan nilai diatas toleransi yang diizinkan (*unsatisfactory*), khususnya untuk pengukuran posisi horizontal. Hal yang memungkinkan untuk mempengaruhi hasil pengukuran adalah besar *natural frequency* (frekuensi pribadi) spindle berada pada range kecepatan putaran 1200 – 2000 RPM sehingga akan mengakibatkan resonansi yang membuat getaran menjadi dua kali lebih besar. Selain itu, kecenderungan hasil pengukuran pada posisi horizontal lebih besar adalah dikarenakan massa transduser yang besar terpengaruh oleh gravitasi bumi sehingga menyebabkan hasil pengukuran terdiri dari nilai akselerasi dinamis (dari spindle) dan akselerasi statis (gravitasi bumi).

3.3.3 Data Hasil Uji Jalan (Benda Kerja)

Pengujian pada benda kerja dilakukan untuk melihat relevansi kinerja dari mesin terhadap hasil pengujian ketelitian geometris mesin Aciera F3 setelah proses perbaikan. Tabel 5 dibawah menunjukkan hasil uji jalan mesin dalam melakukan proses permesinan untuk mengefrais benda kerja dengan spesifikasi material baja ST-37, lebar L sebesar 30,48 mm, lebar D sebesar 10,48 (melintang), putaran spindle 700RPM dan variasi kedalaman pemotongan sebesar 1,14 mm dan 1,50 mm. Gambar 3 menunjukkan ukuran benda uji.



Gambar 3. Ukuran Benda Uji

Tabel 5. Hasil Pengujian Benda Kerja

Pengukuran	Panjang Pemakanan		Pergerakan Eretan meja (mm)			Selisi pergerakan eretan dengan pengukuran benda kerja
	Titik 1	Titik 2	x	y	z	
A	10,00	10,00		10		-
B	10,48	10,48		10,48		-
C	10,00	10,00		10		-
D	10,48	10,48	10,48			-
Pengukuran	Kedalaman		Pergerakan Eretan meja (mm)			Selisi pergerakan eretan dengan pengukuran benda kerja
	1	2	x	y	z	
A	1,14	1,14			1,14	-
B						-
C	1,50	1,50			1,50	-
D						-

Dari hasil percobaan diatas dapat diketahui pergerakan eretan meja terhadap spindle utama (alat potong) pada sumbu X dan sumbu Y menunjukkan tidak ada penyimpangan pergerakan sepanjang 10 mm dan sesuai dengan skala eretan sebesar 0,02mm (10,48mm). Begitu juga dengan pergerakan sumbu Z kepala tetap terhadap kedudukan meja eretan tidak menunjukkan penyimpangan sepanjang pemakanan kedalaman sebesar 1,50 mm dan sesuai dengan skala eretan sebesar 0,02mm (1,14mm).

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian getaran secara umum masih relevan terhadap Hasil pengujian ketelitian geometris. Tambahan, perlu dipertimbangkan nilai frekuensi pribadi spindle dan massa transducer akselerometer untuk mengurangi pengaruh gravitasi pada posisi horizontal.
2. Hasil pengujian pada benda kerja menunjukkan hasil perbaikan mesin Frais Aciera F3 sesuai dengan hasil akhir pengujian ketelitian geometrisnya.
3. Pengujian getaran dan pengujian jalan (Benda Kerja) dapat dijadikan acuan untuk menilai kelayakan ketelitian geometris mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Schlesinger, "Machine Tool Tests and Alignments," *Proc. Inst. Mech. Eng.*, vol. 138, no. 01, pp. 59–119, 1938.
- [2] International Organization for Standardization, "Acceptance conditions for general purpose parallel lathes -- Testing of the accuracy." International Organization for Standardization, pp. 1–13, 1983.
- [3] O. Serrat, "The Five Whys Technique," in *Knowledge Solutions*, Springer, Singapore, 2017, pp. 307–310.
- [4] B&K, "VIBROPORT 41 Documentation Tehnique," *Brüel & Kjær Vibro GmbH, D-64293 Darmstadt*, 2002. .
- [5] V. Brüel & Kjaer, "AS - 063," *Brüel & Kjær Vibro GmbH*, 2017. [Online]. Available: https://www.bkvibro.com/fileadmin/mediapool/Internet/Instructions/Sensors/Acceleration_sensors/AS-xxx/Instruction_AS063de-en-fr.pdf.
- [6] B&K, "P-84 Optical Reference Sensor Documentation," *Brüel & Kjær Vibro GmbH*, 2011.