

PROSES PEMBUATAN MESIN TRIBOMETER TIPE *PIN ON DISK TEST* BERSTANDAR ASTM G 99

Naufan Erzha Sulistiono¹, Renova Umarsyah¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

E-mail: naufanerzhas98@gmail.com

Abstrak--Keausan merupakan cabang ilmu teknik tribologi yang mengkaji hubungan antara dua permukaan yang saling bergesekan dan mengalami kontak. Dengan besarnya kerugian yang dapat ditimbulkan oleh keausan, maka diperlukan tindakan khusus untuk dapat memperhitungkan dan menganalisa terkait keausan yang terjadi. Menganalisa keausan diperlukan sebuah alat yang dapat mengetahui nilai keausan pada sebuah material yaitu alat tribometer *pin on disk*. Namun, tidak tersedianya alat tribometer *pin on disk* di laboratorium teknik mesin Universitas Mercu Buana mengakibatkan hambatan bagi mahasiswa dan dosen dalam melakukan proses pengujian keausan pada suatu material. Semetara itu, di Indonesia alat tribometer *pin on disk* yang dikembangkan, masih memiliki kekurangan pada kecepatan rotasi *disk*, variasi putaran dan mobilitas. Tujuan penelitian ini adalah melakukan proses manufaktur alat tribometer tipe *pin on disk test* sesuai dengan standar ASTM G 99, berdasarkan hasil rancangan yang telah dibuat melalui penyempurnaan penelitian sebelumnya meliputi mobilitas, arah dan kecepatan putaran. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengujian berdasarkan ketentuan ASTM G 99 meliputi mekanisme, motor, *pin*, *counter*, hasil dan spesimen uji. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil sesuai dengan ketentuan ASTM G 99, mampu berputar secara dua arah (CW/CCW) hingga 2000 rpm, serta memiliki mobilitas baik. Dalam hal ini, alat tribometer *pin on disk* dapat digunakan dan berfungsi sesuai dengan perencanaan.

Kata kunci: keausan, tribometer *pin on disk*, ASTM G 99

Abstract-- *Wear is a branch of tribological engineering that studies the relationship between two surface that rub againts each other and come into contact. With the large amount of loss that can be caused by wear and tear, special actions are needed to be able to calculate and analyze the related wear that occurs. Analyzing wear requires a tool that can determine the value of wear on a material, namely a tribometer pin on disk. However, the unavailability of tribometer pin on disk in the mechanical engineering laboratory of Mercu Buana University has resulted in obstacles for college stundet and lecturer in carrying out the wear test process on a material. Meanwhile, in Indonesia tribometer pin on disk being developed still has shortcomings in the disk rotation speed, rotation variation and mobility. The purpose of this research is to carry out the process of making a tribometer pin on disk through testing the standard provisions ASTM G 99 standard, based on the results of the design that has been made through the refinement of previous research including mobility, direction and speed of rotation. This research was carried out by conducting tests based on the provisions of ASTM G 99 including mechanism, motor, pin, counter, result dan test speciment. Based on the test results obtained results in accordance with the provisions of ASTM G 99, capable of rotating in two directions (CW/CCW) up to 2000 rpm, has good mobility at a relatively low price. In this case, a tribometer pin on disk can be used and functions as planned.*

Keywords: wear, tribometer *pin on disk*, ASTM G 99

1. PENDAHULUAN

Keausan merupakan proses hilangnya material secara progresif dari sebuah komponen yang disebabkan adanya kontak gesekan (*friction*) diantara komponen tersebut atau perpindahan sejumlah material dari suatu komponen yang disebabkan adanya pergerakan relatif antara dua permukaan komponen tersebut [1]. Kecepatan,

tekanan, kekerasan material dan kekasaran permukaan merupakan faktor yang mempengaruhi nilai keausan pada suatu komponen [2].

Tribometer merupakan perangkat alat uji yang digunakan untuk mengetahui nilai koefisien gesek, gaya gesek dan volume deformasi yang terjadi antara dua material yang saling kontak, dengan nilai tersebut didapatkan nilai keausan

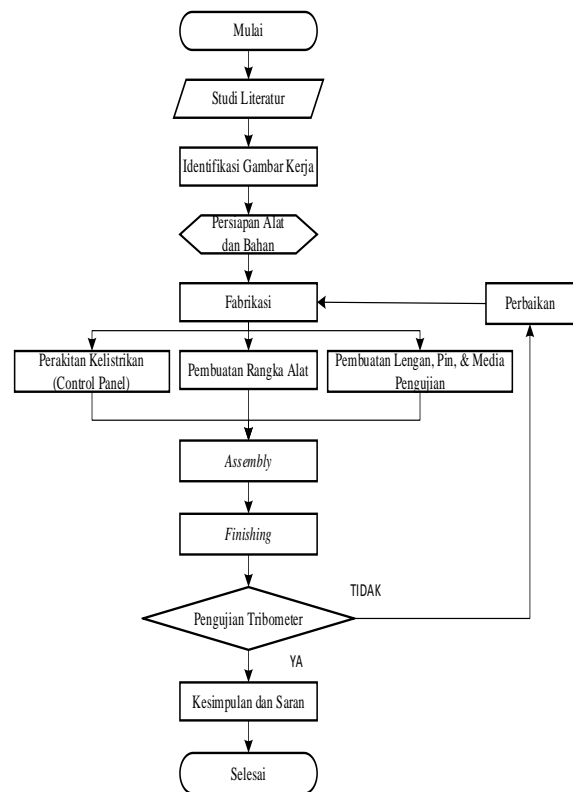
dari suatu material, ketahanan sifat material, umur optimal material dan acuan dalam perawatan dan pemeliharaan [3].

Dengan sejumlah fungsi dan manfaat yang ditawarkan oleh alat tribometer, seperti salah satunya terkait kemudahan dalam mengetahui nilai keausan pada suatu material memberikan keuntungan bagi *user*. Namun, tidak tersedianya alat tribometer *pin on disk* pada lingkungan Universitas Mercu Buana khususnya pada laboratorium teknik mesin, mengakibatkan sejumlah hambatan dan kendala bagi mahasiswa dan dosen pada saat proses pembelajaran yang membutuhkan proses/praktik pengujian keausan.

Sedangkan di Indonesia, mesin tribometer tipe *pin on disk* yang berkembang masih jarang ditemui. Beberapa penelitian sebelumnya telah merancang mesin uji tribologi tipe *pin on disk* dengan gerakan satu arah saja [4]. Tak hanya itu, perancangan yang telah dilakukan memiliki kekurangan pada mobilitas mesin tribometer [5]. Selanjutnya, pengembangan yang dilakukan pada mesin tribometer tipe *pin on disk* masih memiliki kekurangan pada kecepatan putaran *disk* yang hanya 0 - 1400 rpm [6].

Dalam hal ini, saya sebagai penulis berinisiatif untuk melakukan proses manufaktur alat tribometer tipe *pin on disk test* sesuai dengan standar ASTM G99 berdasarkan hasil rancangan yang telah dibuat sebelumnya. Diharapkan dengan dilakukan penelitian ini, nantinya dapat diketahui nilai keausan dari suatu material yang dapat disesuaikan dengan spesifikasi material melalui rangkaian pengujian.

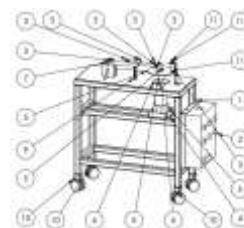
2. METODOLOGI



Gambar 1. Diagram Alir Proses Pembuatan Proses pembuatan mesin tribometer *pin on disk* memiliki beberapa tahapan dan langkah kerja. Diawali dengan studi literatur yang dilanjutkan dengan identifikasi gambar kerja, setelah itu mempersiapkan alat dan bahan dilanjutkan dengan proses fabrikasi yang terdiri dari proses perakitan *control panel*, proses pembuatan rangka, dan proses pembuatan lengan, *pin* & media pengujian. Selanjutnya dilakukan proses *assembly* & *finishing*. Dan akhiri dengan proses pengujian berdasarkan ASTM G 99.

2.1 Identifikasi Gambar Kerja

Sebelum melakukan proses pembuatan mesin tribometer tipe *pin on disk*, dilakukan proses identifikasi gambar kerja hasil rancangan yang telah dibuat untuk dapat dipahami dengan cermat dan baik. Hal ini dilakukan, untuk mengetahui seluruh proses pembuatan yang akan diterapkan serta memastikan bahwa hasil proses pembuatan sesuai dengan hasil rancangan.



Gambar 2. Konsep Tribometer *Pin On Disk*

2.2 Persiapan Alat dan Bahan

Tabel 1. Peralatan yang digunakan

No	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah
1	Laptop	Asus	1
2	Bor tangan	Kenmaster KM-603R	1
3	Mata bor Ø3 mm	Nachi	1
4	Mata bor Ø6 mm	Nachi	1
5	Mata bor Ø8 mm	Nachi	1
6	Mata bor Ø11,5 mm	Nachi	1
7	End Mill Ø2 mm	Nachi	1
8	End Mill Ø4 mm	Nachi	1
9	End Mill Ø6 mm	Nachi	1
10	End Mill Ø8 mm	Nachi	1
11	Mata bor holesaw Ø100 mm	Kugel	1
12	Gerinda tangan	JLD	1
13	Meteran	D – NI 5m	1
14	Spidol	Snowman	1
15	Pulpen	Standard ae7	1
16	Gunting	Kenko	1
17	Obeng +/-	Krisbow	1
18	Tang potong	Krisbow	1
19	Gergaji besi	Sandflex	1
20	Obeng tespen	VYBA	1
21	Las listrik	Lakoni 450 watt	1
22	Kuas cat 2"	Eterna	1
23	Mesin bubut	EMCO MAT-17S	1
24	Mesin milling	SM-4	1
25	Penggaris siku	Freedtools	1
26	Penggaris besi	Joyko	1
27	Palu	Krisbow	1
28	Kunci inggris	Krisbow	1
29	Kunci L (1 set)	Mollar	1
30	Cutter	Kenko	1
31	Sigmat 200mm	Mitutoyo	1
32	Ragum	Tekiro	1

Tabel 2. Bahan yang digunakan

No	Nama Bahan	Jumlah	Satuan
1	Induction motor (90YT-90W-D-22V)	1	Pcs
2	Speed Control Digital (WS-L 90W)	1	Pcs
3	Box Panel 20x30 cm (Indoor)	1	Pcs
4	MCB 1P2A	1	Pcs
5	Krustin	1	Pcs
6	Kabel 1x1.5mm	10	Meter

7	Kabel 2x0.75mm	3	Meter
8	Push Button	3	Pcs
9	Lampu Indikator Counter Omron (H7EC-BLM)	3	Pcs
10	Relay Omron AC (14 Pin)	1	Pcs
11	Relay Omron DC (14 Pin)	2	Pcs
12	Socket relay 14 pin	1	Pcs
13	Box Plastik Hitam X6	3	Pcs
14	Steker Arde	1	Pcs
15	Rel Mcb	1	CM
16	Wiring Duct 25x25 mm	15	CM
17	Kabel Spiral (KS – 6)	50	CM
18	Sensor Proximity Inductive (DC 6V-36V)	1	Meter
19	Power Supply (DC - 5A)	1	Pcs
20	Besi Hollow 30x30 mm	1	Pcs
21	Baut Hexagon M8x50 mm	7	Meter
22	Mur M8	8	Pcs
23	Besi Siku 25x25 mm	8	Pcs
24	Besi Siku 30x30 mm	2	Meter
25	Baut Roofing M4	50	Centimeter
26	Plat Besi 550x2x220 mm	2	Pcs
27	Plat Besi 65x8x85 mm	1	Pcs
28	Plat Besi 45x5x45 mm	2	Pcs
29	Plat Besi 100x4x40 mm	1	Pcs
30	Besi Pejal Ø19 mm	1	Pcs
31	Baut M10	30	Cm
32	Mur M10	1	Pcs
33	Ring Plat M10	1	Pcs
34	Baut M5	2	Pcs
35	Ring Plat M5	1	Pcs
36	Ring Per M5	1	Pcs
37	Baut M4	1	Pcs
38	Mur M4	2	Pcs
39	Baut M6	3	Pcs
40	Mur M6	1	Pcs
41	L tanam M5	1	Pcs
42	Mur M8	2	Pcs
43	Ring Plat M12	1	Pcs
44	Besi SS400 Ø 150mm(OD) x 4.5mm(T)	1	Pcs
45	Besi SS400 Ø 20mm(OD) x	1	Pcs

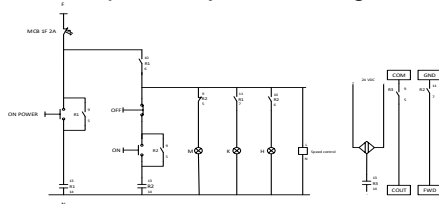
	30mm(T)		
47	Besi SS400 23x5x220mm	1	Pcs
48	Baut M (Baja A325)	1	Pcs
49	Spring	1	Pcs
50	Beban 50gram	1	Pcs
51	Beban 100gram	1	Pcs
52	Beban 200gram	1	Pcs
53	Roda	4	Pcs

2.3 Fabrikasi

Proses fabrikasi yang terapkan pada mesin tribometer tipe *pin on disk*, dibagi menjadi tiga tahapan sebagai berikut :

a. Perakitan *Control Panel*

Perakitan *control panel*, menjadi suatu komponen penting yang wajib dirangkai pada mesin tribometer dikarenakan untuk memenuhi, membantu fungsi serta *control* dari mesin tribometer. Sejumlah komponen kelistrikan yang dirangkai menjadi satu kesatuan dan berfungsi secara baik dapat ditunjukkan oleh gambar 3.



Gambar 3. Diagram Wiring



Gambar 4. Control Panel

Adapun instrumen yang terdapat pada *box* panel tersebut, secara fungsi sebagai berikut:

- Lampu indikator power off / stop, berfungsi untuk memberikan informasi bahwa mesin tribometer telah berhenti.
- Lampu indikator power in / standby, berfungsi untuk memberikan informasi bahwa power sudah masuk dan mesin tribometer siap untuk dioperasikan.
- Lampu Indikator power on / start & Running, berfungsi untuk memberikan informasi bahwa mesin tribometer sedang beroperasi
- Tombol / saklar off, berfungsi untuk memberhentikan atau menonaktifkan mesin tribometer.
- Tombol / saklar standby, berfungsi untuk menyalurkan power kedalam mesin dengan keadaan standby.

- Tombol saklar on, berfungsi untuk menjalankan dan mengoperasikan mesin tribometer.
- *Speed Control*, berfungsi untuk mengatur motor mulai dari kecepatan hingga putaran motor.
- *Counter*, berfungsi untuk menghitung jumlah putaran *disc*.

b. Pembuatan Rangka Alat

Rangka merupakan sebuah media yang digunakan untuk penopang beban seluruh komponen utama dan pendukung pada mesin tribometer *pin on disk*, tidak hanya itu rangka menjadi media yang digunakan untuk menyatukan beberapa komponen menjadi satu kesatuan sehingga menghasilkan fungsi sesuai kebutuhan. Berdasarkan hasil rancangan yang telah dibuat, material yang dijadikan bahan untuk pembuatan rangka ialah besi *hollow* ukuran 30x30mm serta plat besi 550x2x220 mm.

Peran penting sebuah rangka menjadi salah satu hal yang wajib diperhatikan dalam pembuatan mesin tribometer, berikut merupakan langkah – langkah proses pembuatan rangka:

- 1) Membaca dan memahami desain / gambar perancangan rangka.
- 2) Melakukan persiapan bahan dan alat yang digunakan, Bahan yang digunakan ialah besi *hollow* 30x30mm, plat besi 550x2x220 mm dan alat yang digunakan ialah gerinda tangan, meteran, penggaris siku, mesin las, dan spidol.
- 3) Mempersiapkan alat keselamatan bekerja dengan menggunakan *wear pack*, sarung tangan, kacamata dan *welding helmet*.
- 4) Melakukan proses *marking* pada material sesuai dengan gambar perencanaan menggunakan spidol dengan tujuan untuk memudahkan proses pemotongan.
- 5) Proses pemotongan pada material menggunakan gerinda tangan sesuai dengan *marking*.
- 6) Dilanjutkan dengan proses pengelasan untuk menyatukan dan menjadikan rangka.
- 7) Dilanjutkan dengan membuat *cover* / alas penutup pada bagian sisi atas dengan menggunakan material plat besi ketebalan 2mm seperti gambar 5.



Gambar 5. Cover Bagian Atas

- 8) Proses pengelasan *cover* atas dengan rangka, serta membersihkan kerak las dari

hasil pengelasan.

- 9) Setelah rangka siap, selanjutnya ialah melakukan pengelasan pada bagian tumpuan rangka dengan roda seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Roda

- 10) Diakhiri dengan melakukan pembersihan pada hasil pengelasan untuk menghilangkan slag / kerak las yang dihasilkan.

c. Pembuatan Lengan, *Pin* & Media Pengujian
 Proses pembuatan selanjutnya ialah pada komponen lengan, *pin* dan media pengujian. Lengan memiliki fungsi sebagai media pembantu dalam meletakkan beban dan dudukan untuk sebuah *pin*. *Pin* berfungsi sebagai komponen yang akan bergesekan dengan material hingga menimbulkan goresan / keausan. Media pengujian berfungsi sebagai meja untuk meletakkan material yang dilengkapi oleh sensor *proximity inductive* (DC 6V-36V). Berikut merupakan tahapan proses pembuatan lengan, *pin* dan media pengujian:

- Pembuatan Lengan

Dalam pembuatan lengan terdapat beberapa komponen seperti dudukan lengan, lengan dan dudukan beban. Proses pembuatan lengan dimulai dari membuat dudukan lengan, dilanjutkan dengan lengan, dan terakhir dudukan beban, sebagai berikut :

- 1) Membaca dan memahami desain / gambar perancangan lengan.
- 2) Melakukan persiapan bahan dan alat yang digunakan, Bahan yang digunakan ialah plat besi 65x8x85 mm (dudukan lengan), besi Pejal Ø19 mm (lengan) dan plat besi 100x4x40 mm (dudukan beban). Sedangkan alat yang digunakan ialah gerinda tangan, mesin las.listrik, mesin milling,mesin bubut serta beberapa alat pendukung spidol dan sigmat,
- 3) Mempersiapkan alat keselamatan bekerja dengan menggunakan *wear pack*, sarung tangan, kaca mata dan *welding helmet*.
- 4) Dimulai dari membuat dudukan lengan, langkah pertama ialah melakukan proses pemotongan plat besi sesuai dengan gambar rancangan menggunakan gerinda tangan.
- 5) Melakukan pembuatan lubang menggunakan mesin milling dengan ukuran lubang Ø10 mm.

- 6) *Marking* posisi dudukan lengan sesuai dengan perancangan, setelah itu dilakukan pengelasan untuk menyatukan lengan dengan rangka mesin sesuai dengan gambar 7.



Gambar 7. Dudukan Lengan

- 7) Dilanjutkan dengan membuat lengan, pada bagian lengan terdapat dua komponen yang harus dibuat yaitu lengan bagian luar dan lengan bagian dalam.
- 8) Proses pembuatan lengan luar diawali dengan melakukan pemotongan menggunakan gerinda tangan sesuai dengan dimensi yang dibutuhkan, dan dilanjutkan dengan pembuatan lubang dalam dengan ukuran Ø12 mm dengan panjang 70mm serta lubang dengan ukuran Ø6 mm pada sisi atas menggunakan mesin bubut dan mesin milling.
- 9) Sedangkan pembuatan lengan bagian dalam proses pembuatannya menggunakan mesin bubut dan mesin milling. Mesin bubut digunakan untuk mengurangi dan membentuk dimensi luar lengan sedangkan mesin milling digunakan untuk membuat fungsi *sliding* pada lengan dan dudukan untuk *pin* sesuai dengan gambar 8.



Gambar 8. Lengan Bagian Dalam

- 10) Proses terakhir ialah membuat dudukan beban, proses yang dilakukan ialah membuat lubang ukuran Ø10mm sejumlah 2 lubang serta membuat tempat untuk meletakkan beban seperti yang ditunjukkan gambar 9.



Gambar 9. Dudukan Beban

- Pembuatan *Pin*

Pin merupakan komponen utama dalam mesin tribometer tipe *pin on disk*, *pin* merupakan

komponen yang mengalami kontak dengan material uji untuk mendapatkan nilai keausan dari suatu material. Tahapan proses pembuatan *pin* sebagai berikut:

- 1) Membaca dan memahami desain / gambar perancangan *pin*.
- 2) Melakukan persiapan bahan dan alat yang digunakan, Bahan yang digunakan untuk membuat *pin* ialah baja A325 (baut baja), sedangkan alat yang digunakan ialah mesin milling dan mesin bubut serta beberapa alat pendukung spidol dan sigmat.
- 3) Mempersiapkan alat keselamatan bekerja dengan menggunakan *wear pack*, sarung tangan, dan kacamata.
- 4) Pada pembuatan *pin*, proses pembuatan dilakukan menggunakan mesin bubut dan mesin milling sesuai dengan gambar perancangan seperti yang ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Proses Milling & *Pin*

- Pembuatan Media Pengujian
Media pengujian terdiri dari beberapa komponen mulai dari adaptor poros motor, meja/alas pengujian serta sensor *proximity inductive*. Adaptor poros motor berfungsi sebagai penyalur tenaga motor menuju meja/alas pengujian, sedangkan meja/alas pengujian berperan sebagai media/wadah material yang akan dilakukan pengujian dan sensor *proximity inductive* untuk membaca jumlah putaran *disk* yang berputar. Berikut merupakan proses pembuatan media pengujian:

- 1) Membaca dan memahami desain / gambar perancangan media pengujian.
- 2) Melakukan persiapan bahan dan alat yang digunakan, Bahan yang digunakan untuk membuat komponen media pengujian ialah besi ss400, sedangkan alat yang digunakan ialah mesin milling, mesin bubut dan mesin bor tangan serta beberapa alat pendukung spidol dan sigmat.
- 3) Mempersiapkan alat keselamatan bekerja dengan menggunakan *wear pack*, sarung tangan, kacamata dan *welding helmet*.
- 4) Proses pembuatan adaptor poros motor hanya menggunakan mesin bubut dikarenakan bentuk yang dihasilkan silinder yaitu membuat lubang dalam dan drat seperti yang ditunjukkan gambar 11.



Gambar 11. Proses pembubutan & *Pin*

- 5) Untuk meja/alas juga hanya menggunakan mesin bubut, karena proses yang dilakukan hanya merapihkan dan mengkalibrasi bentuk lingkaran serta pembuatan lubang Ø10mm pada bagian tengah dan lubang Ø4mm pada bagian sisi tepi menggunakan mesin milling sesuai dengan gambar 12.



Gambar 12. Meja Pengujian

- 6) Untuk komponen sensor *proximity inductive*, diperlukan dudukan atau *handle* untuk memaksimalkan pembacaan dari sensor *proximity inductive*. Proses pembuatan dudukan hanya memanfaatkan bor tangan untuk membuat lubang Ø15mm pada sisi kanan dan kiri serta ragum untuk menekuk/membending besi ss400 tersebut.
- 7) Selanjutnya ialah melakukan *marking* pada cover atas rangka, untuk dilakukan proses pembuatan lubang dengan Ø6 mm menggunakan mata bor tangan.

2.4 Assembly

Dalam proses pembuatan mesin tribometer *pin on disk* membutuhkan proses *assembly* pada beberapa bagian dan komponen dalam menunjang fungsi dari mesin tersebut. proses *assembly* yang digunakan pada mesin tribometer *pin on disk*, menggunakan dua jenis metode *assembly* yaitu metode pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) dan *knock down* (baut dan mur). Berikut merupakan rincian penggunaan metode *assembly* yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Penggunaan Metode *Assembly*

No	Metode <i>Assembly</i>	Bagian	Subbagian
1	Pengelasan (SMAW)	Rangka	Rangka utama Cover/Alas penutup Braket box

			panel
			Cover motor
			Roda
			Dudukan lengan
2	Knock down	Rangka	Rangka
			braket motor
			Control panel
			Motor
		Lengan	Lengan utama
			Dudukan beban
		Pin	pin
		Media pengujian	Adaptor poros motor
			Meja pengujian
			Dudukan sensor

2.5 Finishing

Pengerjaan yang dilakukan terkait pembersihan kerak las, menghaluskan bagian bagian kasar dengan amplas diakhiri dengan pengecatan yang ditunjukkan pada gambar 13. Tujuan proses finishing ialah menghindari terjadinya korosif dan menambah nilai estetika.



Gambar 13. Proses Pengecatan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Proses Pembuatan

Dalam proses pembuatan diperlukan beberapa perhitungan untuk mempermudah proses pembuatan dan meningkatkan hasil dari proses pembuatan. Berikut merupakan perhitungan dari proses pembuatan komponen pada mesin tribometer pin on disk:

a. Perhitungan pembubutan lengan luar, pada proses pembuatan lengan luar menggunakan mesin bubut dengan kecepatan potong (Cs) 25 meter/menit, dan pemakanan dalam satu putaran (f) 0,05 mm/putaran untuk melubangi atau mengebor bagian dalam dengan Ø11,5 mm dengan kedalaman 90mm.

$$n = \frac{1000 \cdot Cs}{\pi \cdot d} \tag{1}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 11,5}$$

$$n = 692,32 = 692 \text{ Rpm}$$

- $L = l + 0,3d = 90 + (0,3 \times 11,5) = 93,45 \text{ mm}$
- $F = f \times n = 0,05 \times 692 = 34,6 \text{ mm/menit}$
- $tm = \frac{L}{F} = \frac{93,45}{34,6} = 2,7 \text{ menit}$

b. Perhitungan pembubutan adaptor poros motor, dalam pembuatan adaptor poros motor hanya memerlukan mesin bubut dengan kecepatan potong (Cs) 25 meter/menit, dan pemakanan dalam satu putaran (f) 0,05 mm/putaran untuk membuat lubang pada bagian dalam dengan Ø11 mm dengan kedalaman 40mm.

- $n = \frac{1000 \cdot Cs}{\pi \cdot d} \tag{2}$
- $n = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 11}$
- $n = 723,79 = 724 \text{ Rpm}$
- $L = l + 0,3d = 40 + (0,3 \times 11) = 43,3 \text{ mm}$
- $F = f \times n = 0,05 \times 724 = 36,2 \text{ mm/menit}$
- $tm = \frac{L}{F} = \frac{43,3}{36,2} = 1,19 \text{ menit}$

c. Perhitungan pembubutan lengan dalam, komponen tersebut memiliki Ø19 mm dan akan dilakukan pembubutan menjadi Ø11 mm sepanjang 102 mm, dengan jarak star pahat 4 mm. Dalam hal ini, kecepatan putaran mesin sebesar 400 putaran/menit, sedangkan waktu penyayatan mesin dalam satu putaran 0.05 mm/putaran.

- $Vmax = \pi \times 19 \times 400 = 23.864 \text{ mm/menit}$
- $Vmin = \pi \times 11 \times 400 = 13.816 \text{ mm/menit}$
- $L = la + l = 4 + 102 = 106 \text{ mm}$
- $F = f \times n = 0,05 \times 400 = 20 \text{ mm/menit}$
- $tm = \frac{L}{F} = \frac{106}{20} = 5,3 \text{ menit}$

Selain proses pembubutan, terdapat proses milling yang dilakukan terhadap proses pembuatan lengan dalam. Proses ini menggunakan end mill 6 mm dengan panjang 78 mm dengan kedalaman 2mm. Proses pengerjaan menggunakan kecepatan 20 m/menit, pemakanan 0,25mm, 6 mata insert, jarak pengawalan 2 mm.

- $V = \frac{\pi \times D \times N}{1000}, n = \frac{v \times 1000}{\pi \times D} = \frac{20 \times 1000}{3,14 \times 6} = 1061 = 1000 \text{ rpm}$
- $Vf = Cpt \times n \times N = 0,25 \times 1000 \times 6 = 1500 \text{ mm/menit}$
- $T = \frac{lt}{vf} = lt = lv + lw + ln$

$$ln = \frac{D}{2} \times 2 = ln = \frac{6}{2} \times 2 = 6 \text{ mm}$$

$$lt = lv + lw + ln = 2 + 78 + 6 = 86 \text{ mm}$$

$$T = \frac{lt}{vf} = \frac{86 \text{ mm}}{1000 \text{ mm/menit}} = 0.086 \text{ menit}$$

d. Perhitungan pembubutan *pin*, material yang digunakan memiliki dimensi sebesar Ø12 mm sehingga dilakukan pembubutan menjadi Ø8 mm sepanjang 24 mm, menggunakan star pahat 4 mm. Kecepatan putaran mesin yang digunakan sebesar 400 putaran/menit, sedangkan waktu pemakanan mesin dalam satu putaran 0.05 mm/putaran.

- $V_{max} = \pi \times 12 \times 400 = 15.072 \text{ mm/menit}$
- $V_{min} = \pi \times 8 \times 400 = 10.048 \text{ mm/menit}$
- $L = la + l = 4 + 24 = 28 \text{ mm}$
- $F = f \times n = 0,05 \times 400 = 20 \text{ mm/menit}$
- $tm = \frac{L}{F} = \frac{28}{20} = 1,4 \text{ menit}$

3.2 Program Variasi Putaran (Cw/Ccw) Mesin Tribometer Pin On Disk.

Mesin tribometer *pin on disk* dilengkapi *control panel* yang telah dirangkai sebelumnya. Untuk dapat merubah arah variasi putaran secara CW/CCW diperlukan pengaturan dan input program pada *speed controller* yang ditunjukkan pada gambar 14.



Gambar 14. Speed Controller

Berikut merupakan tata cara input program pada *speed controller*.

- 1) Tekan tombol *set up* dan tahan selama 3 detik hingga muncul C100 pada *display speed controller*.
- 2) Mengubah program C100 menjadi C123 dengan tombol *up* pada *speed controller*.
- 3) Setelah itu, tekan *enter* hingga muncul program F-01.
- 4) Masukan dan atur melalui tombol *up* hingga menunjukkan F-05 pada *display*.
- 5) Tekan *enter*, lalu ada pilihan mode 1&2.
- 6) Pilih kode 1 untuk CCW (*Counter Clock Wise*) dan kode 2 untuk CW (*Clock Wise*).
- 7) Pilih salah satu pilihan kode tersebut, lalu Enter.

8) *Display speed controller*, akan menampilkan *End* yang berarti program sudah siap/masuk.

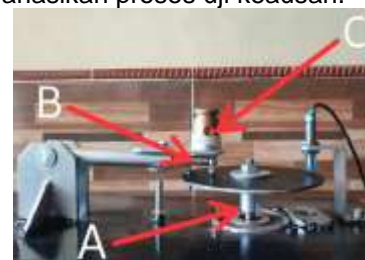
3.3 Proses Pengujian Mesin Tribometer Pin On Disk



Gambar 15. Mesin Tribometer Pin On Disk

Dalam hal ini, dilakukan proses pengujian pada mesin tribometer *pin on disk* untuk mengetahui fungsi berjalan dengan baik dan sesuai perencanaan. Proses pengujian dilakukan sesuai dengan ketentuan standar ASTM G 99. Terdapat beberapa poin / ketentuan yang harus dimiliki mesin tribometer *pin on disk* yang dibandingkan langsung dengan hasil pembuatan, sebagai berikut:

a. Memiliki dudukan yang dapat menahan *disk* ketika berputar, memiliki lengan yang dapat menahan *pin* ketika mengalami kontak, dan memungkinkan untuk menambah parameter lain seperti beban untuk dapat memvariasikan proses uji keausan.



Gambar 16. Mekanisme Proses

Dalam kondisi aktual yang ditunjukkan pada gambar, mesin tribometer yang dibuat dilengkapi oleh adaptor poros motor (A) yang berfungsi sebagai transfer daya dari motor dan media untuk menahan *disk* ketika berputar dengan tambahan ring dan mur untuk penguncian *disk*. Memiliki lengan (B), berfungsi untuk menahan *pin* ketika mengalami kontak dan dilengkapi rel pada lengan untuk menambah variasi pengujian. Parameter lain yaitu beban (C), memiliki variasi pembebanan dari 50 – 200 gram.

b. Motor penggerak, dalam hal ini motor penggerak mampu mempertahankan kecepatan minimal 61% pada saat beban penuh, memiliki pengaturan kecepatan, getaran pada motor tidak mempengaruhi proses pengujian. Dalam hal ini, fokus pengujian ialah terhadap fungsi mesin

(3)

tribometer yang dapat mempertahankan kecepatan minimal 61% pada saat beban penuh. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan beban penuh yaitu 200 gram dengan kecepatan 500 rpm pada saat pengujian. Berikut merupakan hasil pengujian yang ditunjukkan pada gambar 17



Gambar 17. Hasil Pengujian Motor

Bedasarkan hasil pengujian dengan menggunakan beban penuh 200 gram dan kecepatan 500 rpm, mendapatkan hasil yang tertera pada counter sejumlah 487 putaran. Dalam hal ini, didapatkan kesimpulan bahwa motor mampu mempertahankan putaran diatas 61%.

- c. *Pin*, Dalam hal ini *pin* berbentuk bulat atau silinder berkisar 2mm hingga 10mm. Tak hanya itu, *pin* harus memiliki dudukan yang dapat menahan dan mengatur *pin* pada saat pengujian, serta memungkinkan untuk ditambahkan pembebanan sacara variasi.



Gambar 18. *Pin* & Variasi Pembebanan

Bedasarkan gambar 18 bentuk *pin* sudah sesuai dengan ketentuan ASTM G99, profil *pin* tersebut memiliki bentuk bulat/silinder dengan Ø5 mm pada permukaan kontak namun pada sisi lain memiliki bentuk yang dapat difungsikan untuk menurunkan / menaikan *pin*. Posisi *pin* dikunci pada lengan untuk memastikan pengujian dapat berjalan dengan baik.

- d. *Counter*, mesin tribometer lebih disukai jika memiliki *counter* yang dapat menampilkan jumlah putaran *disk*. Mesin tribometer *pin on disk* yang dibuat dilengkapi oleh *counter* dengan pembacaan menggunakan *limit switch*. Dalam hal ini dilakukan pengujian dengan kecepatan putaran 100 rpm tanpa beban Berikut merupakan hasil dari penggunaan *limit switch* yang ditunjukkan pada gambar 19.



Gambar 19. Penggunaan *Limit Switch*

Dasar penggunaan *limit switch* ialah harga komponen relatif murah, namun hasil penggunaan *limit switch* kurang efektif dalam membaca putaran *disk* yang hanya membaca 21 putaran pada kecepatan 100 rpm. Penyebab utamanya ialah tinggi putaran dari *disk* yang tidak mampu terbaca serta penggunaan *limit switch* menimbulkan suara bising pada saat pengujian yang disebabkan benturan antara baut dengan *limit switch*. Bedasarkan hal ini, dilakukan perubahan sensor pembacaan menggunakan sensor *proximity inductive* (DC 6V-36V) untuk memaksimalkan pembacaan putaran *disk* pada *counter*. Penggunaan sensor *proximity inductive* (DC 6V-36V) memerlukan komponen pendukung yaitu *power supply* dan Relay Omron DC (14 *Pin*). Hasil menggunakan sensor *proximity inductive* (DC 6V-36V) menghasilkan pembacaan putaran *disk* jauh lebih baik yang mampu membaca putaran *disk* 100 pada kecepatan 100 rpm yang ditampilkan pada *counter* seperti yang ditunjukkan pada gambar 20.



Gambar 20. Sensor *Proximity Inductive*

- e. Hasil, hasil uji keausan harus berupa *volume loss* dalam milimeter kubik serta dapat juga dihitung uji keausan dengan cara mengukur berat spesimen sebelum pengujian dan sesudah pengujian. Dalam hal ini dilakukan pengujian keausan menggunakan material alumunium dengan kecepatan 500rpm dan beban 200 gram selama 120 detik untuk mengetahui tingkat keausan. Berikut merupakan hasil pengujian keausan pada material alumunium yang

ditunjukkan pada gambar 21.



Gambar 21. Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian berdasarkan ketentuan - ketentuan ASTM G 99, didapatkan kesimpulan bahwa mesin tribometer *pin on disk* dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan ketentuan ASTM G 99.

3.4 Biaya Proses Pembuatan Tribometer

No	Komponen	Jumlah/ Satuan	Harga
Control Panel (Kelistrikan)			
1	Induction motor (90YT-90W-D-22V) + Speed Control Digital (WS-L 90W)	1 Pcs	Rp. 2.187.350
2	Box Panel 20x30 cm (Indoor)	1 Pcs	Rp. 109.000
3	MCB 1P2A	1 Pcs	Rp. 59.000
4	Krustin	1 Pcs	Rp. 10.000
5	Kabel 1x1.5mm	10 Meter	Rp. 30.000
6	Kabel 2x0.75mm	3 Meter	Rp. 15.000
7	Push Button	3 Pcs	Rp. 37.500
8	Lampu Indikator	3 Pcs	Rp. 19.500
9	Counter Omron (H7EC-BLM)	1 Pcs	Rp. 82.400
10	Relay Omron AC (14 Pin) + Socket	2 Pcs	Rp. 110.000
11	Relay Omron DC (14 Pin) + Socket	1 Pcs	Rp. 55.000
12	Box Plastik Hitam X6	1 Pcs	Rp. 25.000
13	Steker Arde	1 Pcs	Rp. 9.500
14	Rel Mcb	15 Cm	Rp. 2.500
15	Wiring Duct 25x25 mm	50 Cm	Rp. 1.000
16	Kabel Spiral (KS – 6)	1 Meter	Rp. 2.000
17	Sensor Proximity Inductive (DC 6V-36V)	1 Pcs	Rp. 50.000
18	Power Supply (DC - 5A)	1 Pcs	Rp. 55.000
Rangka			
1	Besi Hollow	7 Meter	Rp. 120.000

2	Baut Hexagon M8x50 mm	8 Pcs	Rp. 4.000
3	Mur M8	8 Pcs	Rp. 2.000
4	Besi Siku 25x25 mm	2 Meter	Rp. 25.000
5	Besi Siku 30x30 mm	50 Cm	Rp. 10.000
6	Baut Roofing M4	2 Pcs	Rp. 300
7	Plat Besi 550x2x220 mm	1 Pcs	Rp. 50.000
8	Roda	1 Pcs	Rp. 25.000

Lengan			
1	Plat Besi 65x8x85 mm	2 Pcs	Rp. 10.000
2	Plat Besi 45x5x45 mm	1 Pcs	Rp. 5.000
3	Plat Besi 100x4x40 mm	1 Pcs	Rp. 7.000
4	Besi Pejal Ø19 mm	30 Cm	Rp. 30.000
5	Baut M10	1 Pcs	Rp. 1.000
6	Mur M10	1 Pcs	Rp. 500
7	Ring Plat M10	2 Pcs	Rp. 500
8	Baut M5	1 Pcs	Rp. 500
9	Ring Plat M5	1 Pcs	Rp. 250
10	Ring Per M5	1 Pcs	Rp. 250
11	Baut M4	1 Pcs	Rp. 500
12	Mur M4	1 Pcs	Rp. 250
13	Spring	1 Pcs	Rp. 500

Pin			
1	Baut M12 (Baja A325)	1 Pcs	Rp. 3.000

Media Pengujian			
1	Baut M6	1 Pcs	Rp. 500
2	Mur M6	1 Pcs	Rp. 250
3	L tanam M5	2 Pcs	Rp. 500
4	Mur M8	1 Pcs	Rp. 500
5	Ring Plat M12	1 Pcs	Rp. 2.000
6	Besi SS400 Ø 150mm(OD) x 4.5mm(T)	1 Pcs	Rp. 18.500
7	Besi SS400 Ø 20mm(OD) x 30mm(T)	1 Pcs	Rp. 5.000
8	Besi SS400 23x5x220mm	1 Pcs	Rp. 5.000

TOTAL			3.187.550
--------------	--	--	------------------

4. KESIMPULAN

Bedasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada proses pembuatan mesin tribometer tipe *pin on disk test* berstandar ASTM G 99 didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- a. Bedasarkan hasil pengujian sesuai standar ASTM G 99, bahwa hasil dari proses pembuatan mesin tribometer *pin on disk* telah berhasil dan sesuai dengan standar

- ASTM G 99 dengan biaya pembuatan Rp. 3.187.550.
- b. Mesin tribometer *pin on disk* dilakukan perakitan kelistrikan pada *control panel* yang memuat *speed control* didalamnya yang dapat mengatur arah dari putaran baik searah jarum jam (CW) maupun berlawanan arah jarum jam (CCW), serta mampu mengatur kecepatan *disk* mulai dari 0 – 2000 rpm.
- c. Telah dilengkapi roda dengan spesifikasi beban sesuai dengan total berat mesin tribometer *pin on disk*, sehingga memudahkan pengguna dengan mobilitas tinggi serta menambah nilai keunggulan terkait mobilitas/portabel pada mesin.
- Dan Nikel (Ni) Terhadap Struktur Mikro, Uji Kekerasan Dan Ketahanan Aus Besi Cor Kelabu. *Teknik Mesin*, 1(4), 54–58.
- [3]. Ahmad ghufron, imam syafa'at, D. (2016). Analisa Keausan Point Contact Menggunakan Tribometer Pin-On-Disc Dan Pemodelan Global Incremental Wear Model Dengan Variasi Pembebanan. *TeknikM*, 1(1), 41–45.
- [4]. Armanto, E., Burhanudin, A., & Krisnandi, D. D. (2012). Perancangan Mesin Uji Tribologi Pin On Disc. *Prosiding SNST*, 3, 1–6.
- [5]. Havendri, A. (2018). The Application of VDI 2221 Method on Embodiment Design of Pin on Disk Wear Test. *Prosiding SNTTM*, 17(October 2018), 155–162.
- [6]. Nursyahuddin, D., & Gasni, D. (2014). Proses Perancangan Sistem Mekanik dengan Pendekatan Terintegrasi: Studi Kasus Perancangan Alat Uji Pin On Disc. *Teknika*, 21(1), 14–29.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ikwansyah Isranuri. (2011). Pengaruh Putaran Terhadap Laju Keausan Al - Si Alloy Menggunakan Metode Pin On Disk Test. *Dinamis*, 2(8), 9–13.
- [2]. Purwanto, S., & Atmadja, S. (2013). Pengaruh Penambahan Molybdenum (Mo)