

Manufakturing dan Pengujian Alat Pengganti Oli Gardan

Bachtiar Prabowo¹⁾, Fafian Farras Jauza²⁾, & Eko Prasetyo³⁾

^{1,2,3)} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila,
Jl. Srengseng Sawah, Jakarta Selatan, Telp: (021)7864730, Fax: (021)7270128,
Website: <http://teknik.univpancasila.ac.id/>,
E-mail: humas.ftup@univpancasila.ac.id

Abstrak

Penggunaan cara manual dalam perawatan gardan, khususnya saat penggantian oli berkala mengalami beberapa tahap yang merepotkan. Selain itu, derat baut tap pada transmisi dan gardan yang sering rusak akibat cara yang salah dan tidak hati-hati. Hal ini mengakibatkan terjadinya kebocoran oli pada gardan. Penggunaan alat yang lama tidak optimal, sebab alat yang lama hanya bisa melakukan pengisian gardan saja. Namun, pengurusan oli hanya bisa dilakukan secara manual sehingga hasil perancangan diperoleh desain alat yang dapat menguras dan mengisi oli gardan sekaligus. Metode dalam pembuatan alat ini menggunakan metode DFM dan DFA. Pada manufakturing ini diharapkan dapat menjelaskan proses pembuatan alat ini. Alat yang dikembangkan ini diharapkan mampu membantu mekanik dan masyarakat dalam proses perawatan gardan lebih mudah.

Kata kunci: *transmisi, gardan, assembly, manufakturing*

Abstract

The use of manual methods in transaxle maintenance significantly when periodic oil changes. It takes a long step. In addition, the tapping bolt of the transmission and axle is often damaged due to the wrong way and not caring. It results in oil leakage in the transaxle. The old tool is unoptimal because this tool can charge transaxle oil only. The draining process only uses manual procedures, however. So that results in about design of the tool which can drain and charge transaxle oil at once. The methods for making this tool is using DFM and DFA methods. To produce a tool that matches what needs to be desired by the design team. In this manufacturing, a tool can help mechanics and the public in the transaxle.

Keyword: *transmission, transaxle, assembly, manufacturing*

1 PENDAHULUAN

Dalam perawatan dan membersihkan komponen gardan sangat merepotkan, karena harus membuka baut tap bawah gardan. Hal ini tentu membuat pekerjaan menjadi lebih lama dan tidak efisien. Di samping itu metode pengurusan manual melalui baut tap bawah membuat oli berantakan di lantai, sehingga membuat tempat kerja menjadi licin dan membahayakan. Alat yang sudah ada hanya mampu mengisi oli saja tanpa melakukan *flushing* sekaligus. Dalam pengoperasiannya, alat ini memanfaatkan tekanan fluida berupa angin yang ditampung di dalam tabung besi untuk mendorong oli ke dalam gardan mobil, sehingga untuk pengoperasian alat ini diperlukan mengisi tekanan angin oleh kompressor ke dalam tabung. Sebelum melakukan pengisian oli gardan menggunakan alat tersebut harus melakukan *flushing* dahulu melalui baut tap bawah. Oleh sebab itu, hal inilah yang melatarbelakangi pengembangan alat yang sudah ada untuk disempurnakan dan proses

manufakturingnya, yaitu dengan memodifikasi alat ini dengan membuat *line* menjadi satu.

Alat ini dikembangkan untuk bekerja menghisap oli bekas transmisi dan gardan untuk melakukan *flushing* terlebih dahulu melalui baut pengisian kemudian melakukan *refill* oli transmisi dan gardan. Hal ini bertujuan agar menjadi lebih efisien dalam bekerja dan perawatan dalam penggantian oli transmisi. Penggunaan baterai dan pompa DC digunakan untuk menggantikan pemakaian fluida sehingga alat ini dapat dibawa kemana saja dan tidak perlu mengisi angin ke kompresor terlebih dahulu.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Gardan

Differential atau gardan terdiri dari dua bagian, yaitu *final gear* dan *differential gear* dan mempunyai fungsi antara lain[1]:

- a) *final reduction*
- b) *differentiation*

c) *limited slip differential* (LSD).

2.2 Desain untuk Manufaktur dan Assembling

DFM (*Design for Manufacturing*) merupakan proses desain untuk mempermudah dalam manufaktur bagian-bagian komponen untuk menjadi produk setelah perakitan, sedangkan DFM (*Design for Assembly*) merupakan desain untuk mempermudah perakitan dari produk tersebut. Desain manufaktur dan *assembling* bertujuan untuk membuat desain masing-masing komponen produk dalam menentukan metode manufaktur dan perakitan untuk dirakit serta digabungkan dari beberapa komponen menjadi sebuah produk yang utuh[2].

2.3 Pemotongan

Proses pemotongan merupakan salah satu proses manufaktur untuk memisahkan dua benda atau lebih berdasarkan dimensi yang diinginkan[3].

Waktu proses pemesinan ditentukan dengan rumus berikut[4]

$$t_m = tg \cdot l \cdot tb / (Sr \cdot n) \quad (1)$$

$t_m = \text{waktu pemotongan (min)}$

2.4 Pembubutan

Pembubutan merupakan proses pengikisan benda kerja menggunakan mesin *turning*. Pada proses pemilihan kedalaman potong dapat ditentukan dalam persamaan sebagai berikut[4]:

$$a = (d_0 - d_i) / 2 \quad (2)$$

$a = \text{kedalaman pemotongan (mm)}$

Diameter rata-rata benda kerja silinder dibutuhkan pada saat pembubutan, maka persamaan diameter rata-rata pembubutan sebagai berikut[4]:

$$\Sigma d = (d_0 + d_i) / 2 \quad (3)$$

$\Sigma d = \text{diameter rata-rata pemotongan (mm)}$

Untuk menentukan putaran teoritis pemotongan dapat ditentukan dengan persamaan berikut[4]:

$$n = 1000 \cdot v_c / \pi \cdot d \quad (4)$$

$n = \text{putaran teoritis (rpm)}$

Untuk mengetahui kecepatan makan pada mesin bubut dapat dilihat pada persamaan berikut[4]:

$$v_f = f \cdot n \quad (5)$$

$v_f = \text{kecepatan pemakanan (mm/min)}$

untuk menentukan lamanya proses pemotongan dapat ditentukan dengan persamaan berikut[4]:

$$t_c = l_t / v_f \quad (6)$$

$t_c = \text{lama pemakanan (min)}$

2.5 Pengeboran

Pengeboran merupakan proses melubangi benda kerja pada proses manufaktur. Untuk mengetahui

proses lamanya pengeboran dapat ditentukan pada rumus berikut[4]:

$$t_{mBor} = (l + 0,3 \cdot D) / (f \cdot n) \quad (7)$$

$$t_{mBor} = \text{waktu pengeboran (min)}$$

2.6 Pengelasan

Pengelasan merupakan proses penyambungan atau menggabungkan material satu ke lainnya dengan menggunakan elektroda yang dipanaskan. Untuk menentukan kecepatan las sebagai berikut[5]:

$$v_{las} = l / t \quad (8)$$

$$v_{las} = \text{kecepatan pengelasan (mm / menit)}$$

Jumlah yang dibutuhkan dalam pengelasan dapat dijelaskan pada rumus berikut[5]:

$$n = v \cdot \rho / w_{elektroda} \quad (9)$$

$$n = \text{jumlah batang las}$$

Proses pengelasan menghasilkan waktu pengelasan berdasarkan jarak las dan kecepatan pengelasan sebagai berikut[5]:

$$t_{mLas} = n(l/v) \quad (10)$$

$$t_{mLas} = \text{waktu pengelasan (menit)}$$

2.7 Fluida

Kerapatan sebuah fluida didefinisikan sebagai massa fluida persatuan volume, yaitu[6]:

$$\rho = m \cdot 1/v \quad (11)$$

$$\rho = \text{kerapatan (kg/m}^3\text{)}$$

Untuk menghitung berat jenis merujuk pada rumus sebagai berikut[6]:

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (12)$$

$$\gamma = \text{kerapatan spesifik (N/m}^3\text{)}$$

Laju alir dalam tabung bulat bergantung pada kekentalan fluida, perbedaan tekanan, dan dimensi tabung. Hasilnya dikenal sebagai persamaan Poiseuille sebagai berikut[6]:

$$Q = \pi r^4 (P_1 - P_2) / 8\eta L \quad (13)$$

$$Q = \text{laju aliran volume (m}^3\text{/detik)}$$

2.8 Baterai

Untuk mengetahui kebutuhan daya dalam pemakaian baterai dapat dijelaskan dalam rumus berikut[1]:

$$t = (C/I) - \phi \quad (14)$$

$$t = \text{waktu pemakaian (h)}$$

Dalam menentukan nilai arus yang dihasilkan baterai dapat menggunakan rumus berikut[1]:

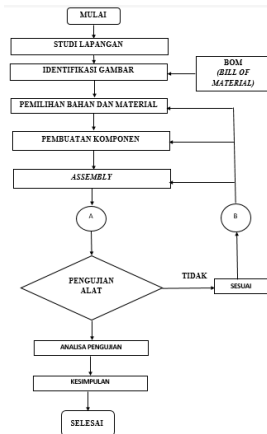
$$I = P/V \quad (15)$$

$$I = \text{arus baterai (A)}$$

3 METODE PERANCANGAN

3.1 Diagram Alir Proses Desain Manufaktur

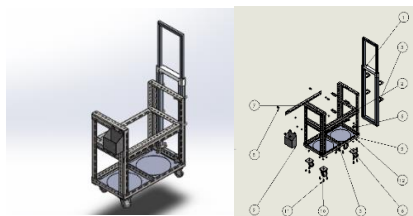
Berikut ini adalah diagram alir proses desain manufaktur alat pengisi oli gardan:



Gambar 1 Diagram alir proses manufaktur alat pengisi oli gardan

3.2 BOM Sub Assembling 1

Sub *assembling* 1 merupakan komponen yang terdiri dari beberapa *parts*. Pada proses ini, BOM pada SA1 menentukan manufaktur komponen yang akan dibuat dan dibeli. Setelah proses manufaktur selesai, bagian-bagian komponen dirakit agar menjadi komponen utuh SA1.



Gambar 2 BOM untuk sub assembling 1

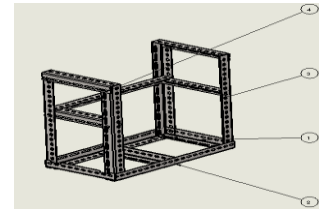
Melalui BOM pada desain gambar 2 ada beberapa komponen yang teridentifikasi untuk membuat sub *assembling* 1. Berikut komponen yang terdapat pada sub *assembling* 1, yaitu:

Tabel 1 Komponen pada sub assembling 1

NO ITEM	NAMA KOMPONEN	JUMLAH	KETERANGAN
1	PEGANGAN	1	BELI
2	FRAME	1	BUAT
3	BAUT U M10	6	BELI
4	MUR M10	16	BELI
5	PLAT TAHANAN	6	BELI
6	PLAT DASAR	2	BUAT
7	TUTUP FRAME	1	BUAT
8	BAUT M10	4	BELI
9	BOKS BATERAI	1	BUAT
10	RODA 1 INCH	4	BELI
11	BAUT M8	12	BELI
12	MUR M8	11	BELI
	BELI		8
	BUAT		4
	TOTAL		65

3.3 Proses Manufaktur Bodi

Proses manufaktur bodi terdiri dari beberapa proses, yaitu pemotongan, pengelasan, dan pengeboran. Berikut desain *frame*:



Gambar 3 Desain frame untuk SA1

Proses pemotongan material dilakukan guna mendapatkan ukuran benda kerja sesuai dengan yang diinginkan sebagaimana yang tertera pada gambar kerja.

Tabel 2 Profil pemotongan besi siku lubang

NO.	NAMA KOMPONEN	MATERIAL	SUDUT	PANJANG (mm)	JUMLAH
1	Lebar	Besi Siku Lubang 40mmx40mmx2mm	-	260	8
2	Panjang	Besi Siku Lubang 40mmx40mmx2mm	-	500	2
3	Tinggi	Besi Siku Lubang 40mmx40mmx2mm	90	500	4
4	Panjang atas	Besi Siku Lubang 40mmx40mmx2mm	90	495	1
	TOTAL			5575	15

Pada proses pemotongan rangka menghasilkan waktu pemotongan. Untuk menghasilkan waktu pemotongan diketahui bahwa putaran yang dihasilkan 3800rpm, ketebalan plat besi siku lubang 2mm, lebar dan tinggi profil pemotongan adalah 35mm. Jumlah proses makan benda per putaran adalah 2mm/putaran dengan 15 kali pemotongan benda maka waktu pemotongan dapat dijelaskan rumus (1):

$$t_m = tg \cdot l \cdot tb / (Sr \cdot n)$$

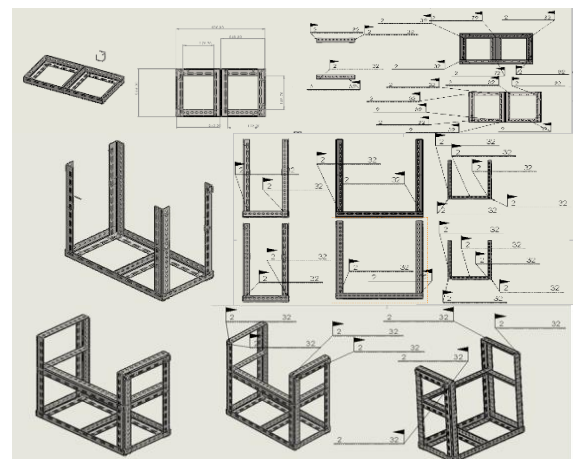
$$t_m = 2mm \cdot 35mm \cdot 35mm / (2mm/putaran \cdot 3800rpm)$$

$$t_m = 0,3min \cdot 15$$

$$t_m = 4,8min$$

Dari hasil perhitungan di atas, maka waktu proses pemotongan pada bahan untuk pembuatan *frame* adalah 4,8 menit.

Pada proses pengelasan kali ini, terbagi menjadi 4 sesi yang akan dijelaskan melalui tabel yang berisi SOP pekerjaan.



Gambar 4 Proses pengelasan

Proses pengelasan *frame* dijelaskan pada tabel SOP. Berikut tabel SOP *frame*:

Tabel 3 SOP pengelasan *frame*

No.	Urutan Kerja	Mesin Alot
1	Siapkan mesin las SMAW beserta perlengkapannya.	<ul style="list-style-type: none"> Mesin las beserta perlengkapannya
2	Siapkan bahan besi siku lubang ukuran (35x35x2x250)mm x 4 pcs dan besi siku ukuran (35x35x2x500)mm x 2 pcs.	<ul style="list-style-type: none"> Clamp C Mistar siku Waterpass
3	Ukur dan jepit susunan rangka menggunakan clamp c sesuai pada dimensi gambar 3.7.	
4	Siapkan elektroda E6013 dengan ukuran diameter 2.6mm dengan panjang 350mm	
5	Setting amper pada 25-60A	
6	Lakukan pengelasan berdasarkan pada profil pengelasan gambar 4)	
7	Lakukan pemeriksaan visual disetiap sambungan las.	
9	Lakukan proses permukaan pada hasil pengelasan.	

Proses pengelasan pada manufaktur *frame* ini memerlukan 30 titik masing-masing sepanjang 32mm dan dua titik masing-masing sepanjang 72mm. Dimensi celah pengelasan sebesar 2mm dan lebar pengelasan pada *frame* 32mm. Massa jenis elektroda sebesar 6,99 gram/cm³ sedangkan berat elektroda adalah 20 gram. Luas permukaan pengelasan 32mm² maka kebutuhan jumlah kawat las dapat dijelaskan pada rumus 8:

$$v_{las} = 32mm^2 \cdot [(30 \cdot 32mm) + (2 \cdot 72mm)]$$

$$v_{las} = 35328mm^3 = 35,33cm^3$$

$$n = v \cdot \rho / w_{elektroda}$$

$$n = (35,33cm^3 \cdot 6,99cm^3 / gram) / 20gram$$

$$n = 12 \text{ batang elektroda las}$$

Dari hasil perhitungan tersebut maka jumlah batang elektroda yang dibutuhkan adalah sebanyak 12 batang.

Pada proses pengelasan satu kali penyambungan membutuhkan 0,33menit. Waktu yang dibutuhkan untuk proses pengelasan dijelaskan pada rumus 10:

$$t_{mLas} = n(l/v)$$

$$t_{mLas} = 12 \left\{ \frac{[(30 \cdot 32mm) + (2 \cdot 72mm)]}{32mm / 0,33menit} \right\}$$

$$t_{mLas} = 136,62menit$$

Hasil dari perhitungan di atas, maka waktu yang dibutuhkan untuk proses pengelasan adalah 136,32menit.

3.4 Manufaktur Pembuatan Boks Baterai

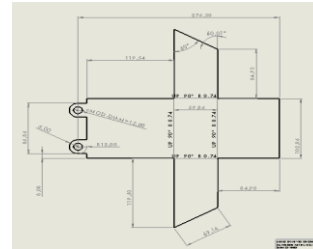
Pada *parts* ini *boks* baterai merupakan komponen yang berfungsi untuk wadah penempatan baterai aki.



Gambar 5 Boks baterai

Pembuatan *boks* baterai ini menggunakan bahan plat galvanis dengan ketebalan 1mm. Pengerjaan manufaktur meliputi pemotongan bahan, lipat, pengelasan, dan pengeboran.

Boks baterai memiliki pola pemotongan untuk bahan plat yang akan dipotong. Berikut pola pemotongan pola *boks* baterai:



Gambar 6 Pola pemotongan *boks* baterai

Proses pemotongan menghasilkan total panjang pemotongan yang dihasilkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4 Format pemotongan *boks* baterai

No.	Material	Sudut	Panjang (mm)	Jumlah
1	Plat Galvanis 50mmx50mmx1mm	-	119,54	2
2		90	119,3	2
3		60	69,14	2
4		-	84,93	2
5		90	84,9	2
6		90	102,86	1
7		90	8	2
8		90	12	4
9		-	12	2
10		90	62,86	1
TOTAL			1209,34	20

Pada proses pemotongan plat material menghasilkan waktu pemotongan. Untuk menghasilkan waktu pemotongan diketahui bahwa putaran yang dihasilkan 3800rpm, ketebalan plat galvanis 1mm, dengan total panjang pemotongan adalah 1208,34mm. Jumlah proses makan benda per putaran adalah 2mm/putaran dengan 20 kali pemotongan benda, maka waktu pemotongan dapat dijelaskan rumus (1):

$$t_m = tg \cdot l \cdot tb / (Sr \cdot n)$$

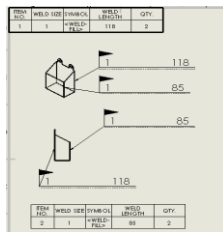
$$t_m = 1mm \cdot 1208,34mm / (2mm / putaran \cdot 3800rpm)$$

$$t_m = 0,16min \cdot 20$$

$$t_m = 3,2min$$

Dari hasil perhitungan di atas, maka waktu proses pemotongan pada bahan untuk pembuatan *boks* baterai adalah 3,2 menit.

Pengelasan pada manufaktur *boks* baterai ini berjumlah 4 titik, dimana masing-masing 2 titik sepanjang 118mm dan 2 titik masing-masing sepanjang 85mm. Dimensi celah pengelasan sebesar 1mm dan tinggi pengelasan pada plat 85mm.



Gambar 7 Format pengelasan baterai boks

Proses pengelasan akan dijelaskan pada tabel SOP. Berikut ini SOP pengelasan boks baterai:

Tabel 5 SOP pengelasan boks baterai

No.	Urutan Kerja	Mesin/Alat
1	Siapkan mesin las SMAW beserta pelengkapannya	<ul style="list-style-type: none"> Mesin las beserta pelengkapannya
2	Siapkan bahan baterai boks yang sudah dilipat	<ul style="list-style-type: none"> Clamp C Mistar siku
3	Siapkan elektroda E6013 dengan ukuran diameter 2,6mm dengan panjang 350mm	
4	Setting amper pada 25-50A	
5	Lakukan pengelasan berdasarkan pada profil pengelasan gambar fax.	
6	Lakukan pemeriksaan visual disetiap sambungan las.	
7	Lakukan proses pemindahan pada hasil pengelasan.	

Massa jenis elektroda sebesar 6,99 gram/cm³, sedangkan berat elektroda adalah 20 gram. Luas permukaan pengelasan 1mm² maka kebutuhan jumlah kawat las dapat dijelaskan pada rumus 8:

$$v_{las} = 42,5mm^2 \cdot [(2 \cdot 118mm) + (2 \cdot 85mm)]$$

$$v_{las} = 17255mm^3 = 17,25cm^3$$

$$n = v \cdot \rho / w_{elektroda}$$

$$n = (17,25cm^3 \cdot 6,99cm^3/gram) / 20gram$$

$$n = 6,03 \approx 6 \text{ batang elektroda las}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka jumlah batang elektroda yang dibutuhkan adalah sebanyak 6 batang.

Pada proses pengelasan satu kali penyambungan membutuhkan 0,33menit, maka waktu yang dibutuhkan untuk proses pengelasan dijelaskan pada rumus 10:

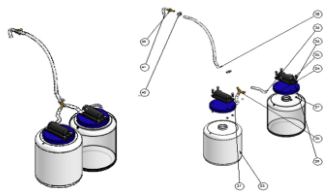
$$t_{mLas} = n(l/v)$$

$$t_{mLas} = 6\{[(2 \cdot 118mm) + (2 \cdot 85mm)] / (85mm/0,33menit)\}$$

$$t_{mLas} = 9,45menit$$

Hasil dari perhitungan di atas, maka waktu yang dibutuhkan untuk proses pengelasan adalah 9,45 menit.

3.5 BOM Sub Assembling 2



Gambar 8 BOM komponen sub assembling 2

Sub Assembling 2 memiliki beberapa komponen yang teridentifikasi untuk membuat sub assembling 2. Berikut komponen yang terdapat pada sub assembling 2, yaitu :

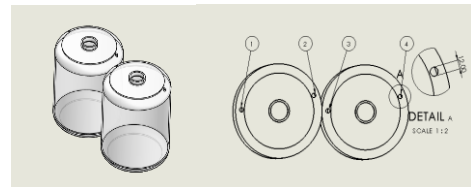
Tabel 6 BOM komponen pada sub assembling 2

No.	Nama Komponen	Jumlah	Keterangan
1	Tabung Reservoir Pengurusan 12liter	1	Buat
2	Tabung Reservoir Pengisian 12liter	1	Buat
3	Baut M8	8	Beli
4	Mur M8	8	Beli
5	Selang HDPE 1500mm	1	Beli
6	Selang HDPE 200mm	2	Beli
7	Selang HDPE 300mm	2	Beli
8	Pompa DC 12v 100Watt	2	Beli
9	Holder Pengisi Oli	1	Buat
10	O ring ukuran 16mm	2	Beli
BELI			7
BUAT			3
TOTAL			28

3.6 Manufaktur Tabung Reservoir

Tabung reservoir pada alat ini terdiri dari dua, yaitu tabung reservoir dan pengurusan dengan masing-masing kapasitas 12liter. Pada proses ini pengeboran dilakukan pada masing-masing tabung dan tutup tabung.

a) Proses pengeboran tabung pada tabung berfungsi untuk lubang masuk selang. Berikut gambar detail lubang:



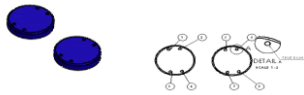
Gambar 9 Format pengeboran tabung

Proses pengeboran akan dijelaskan pada tabel SOP. Berikut tabel SOP:

Tabel 7 SOP pengeboran tabung

No.	Urutan Kerja	Mesin/Alat
1	Siapkan mesin bor beserta pelengkapannya.	<ul style="list-style-type: none"> Mesin bor Alat tap
2	Pasang mata bor ukuran 10mm pada bor	<ul style="list-style-type: none"> Mata bor ukuran 10mm Mata bor ukuran 8mm Spidol
3	Ukur dan tandai titik menggunakan spidol pengeboran sesuai dimensi pada desain yang dimana terdapat 2 titik pengeboran	
4	Tandai menggunakan alat tap sesuai yang telah ditandai menggunakan alat tap agar mempermudah proses pengeboran	
5	Lakukan pengeboran pada titik yang telah ditandai	
6	Lakukan pemeriksaan visual disetiap lubang pengeboran	
7	Pasang mata bor ukuran 12mm pada bor	
8	Ukur dan tandai titik menggunakan spidol pengeboran sesuai dimensi pada desain yang dimana 1 titik untuk memasukan selang tabung ke pompa	
9	Tandai menggunakan alat tap sesuai yang telah ditandai menggunakan alat tap agar mempermudah proses pengeboran	
10	Lakukan pengeboran pada titik yang telah ditandai	
11	Lakukan pemeriksaan visual disetiap lubang pengeboran	

b) Proses pengeboran tutup tabung berfungsi untuk lubang baut pompa. Berikut gambar detail lubang pompa:



Gambar 10 Format pengeboran tutup tabung

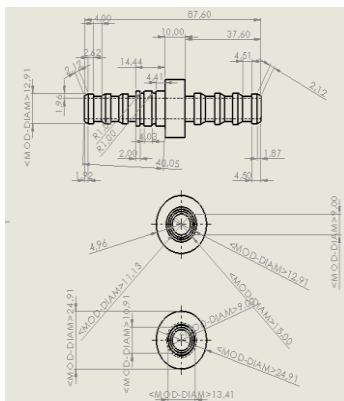
Proses pengeboran akan dijelaskan pada tabel SOP. Berikut tabel SOP:

Tabel 8 SOP pengeboran tutup tabung

No.	Urutan Kerja	Mesin/Alat
1	Siapkan mesin bor beserta pelengkapannya.	<ul style="list-style-type: none"> Mesin bor Alat tap
2	Pasang mata bor ukuran 10mm pada bor	<ul style="list-style-type: none"> Mata bor ukuran 10mm Spidol
3	Ukur dan tandai titik menggunakan spidol pengeboran sesuai dimensi pada desain yang dimana 4 titik untuk baut ukuran 10 untuk pompa dc	
4	Tandai menggunakan alat tap sesuai yang telah ditandai menggunakan alat tap agar mempermudah proses pengeboran	
5	Lakukan pengeboran pada item yang telah ditandai	
6	Lakukan pemeriksaan visual disetiap lubang pengeboran.	
7	Pasang mata bor ukuran 10mm pada bor	
8	Ukur dan tandai titik menggunakan spidol pengeboran sesuai dimensi pada desain yang dimana 1 titik untuk baut ke pompa	
9	Tandai menggunakan alat tap sesuai yang telah ditandai menggunakan alat tap agar mempermudah proses pengeboran	
10	Lakukan pengeboran pada item yang telah ditandai	
11	Lakukan pemeriksaan visual disetiap lubang pengeboran.	

3.7 Manufaktur Holder Pengisian Oli

Holder oli berfungsi untuk pegangan oli masuk dari pompa ke gardan. Berikut profil dimensi holder oli:



Gambar 11 Dimensi profil pembubutan holder pengisian oli

Tahapan pada proses pemesinan dengan menggunakan bahan kuningan dengan poros selisih diameter tersebut adalah 9.91mm. Proses bubut poros dimensi bahan tersebut dari diameter 24,91mm menjadi

20,91mm. Pemilihan kedalaman pemakanan diketahui pada rumus 2:

$$a = (d_0 - d_i)/2$$

$$a = (24,91mm - 20,91mm)/2$$

$$a = 2mm$$

Kedalaman potong pada pembubutan menjadi 4, yaitu 4mm, 3mm, 2mm, dan 0,91mm. Diketahui kecepatan mesin bubut untuk pembubutan, yaitu 70mm/min dengan mata pahat HSS. Untuk feeding diketahui 0,2 mm/r. Diameter rata-rata untuk proses bubut diketahui pada rumus 3:

$$\Sigma d = (d_0 + d_i)/2$$

$$\Sigma d = (24,91mm + 20,91mm)/2$$

$$\Sigma d = 22,91mm$$

Untuk menentukan putaran teoritis yang dihasilkan pada proses bubut, dapat diketahui dengan rumus 4:

$$n = 1000 \cdot v_c / \pi \cdot d$$

$$n = 1000 \cdot 70mm/min / 3,14 \cdot 22,91mm$$

$$n = 973,0683rpm$$

Besarnya kecepatan pemakanan dapat diketahui dengan rumus 5, sebagai berikut:

$$v_f = f \cdot n$$

$$v_f = 0,2mm/r \cdot 973,0683rpm$$

$$v_f = 194,61mm/min$$

Waktu pemotongan yang dihasilkan pada pembubutan dapat diketahui menggunakan persamaan 6:

$$t_c = l_t / v_f$$

$$t_c = 40,05mm / 194,61mm/min$$

$$t_c = 0,205792348 min$$

Proses pengeboran dengan menggunakan diameter awal adalah 7mm. Proses bubut poros dimensi bahan tersebut dari diameter menjadi 7mm. Pemilihan kedalaman pemakanan diketahui pada rumus 2:

$$a = (d_0 - d_i)/2$$

$$a = (0mm - 7mm)/2$$

$$a = -3,5mm$$

Kedalaman potong pada pembubutan menjadi 3, yaitu 7mm, 8mm, dan 9mm. Diketahui kecepatan mesin bubut untuk pembubutan, yaitu 70mm/min dengan mata bor HSS. Untuk feeding diketahui 0,2 mm/r. Diameter rata-rata untuk proses bubut diketahui pada rumus 3:

$$\Sigma d = (d_0 + d_i)/2$$

$$\Sigma d = (0mm + 7mm)/2$$

$$\Sigma d = 3,5mm$$

Untuk menentukan putaran teoritis yang dihasilkan pada proses bubut, dapat diketahui dengan rumus 4:

$$n = 1000 \cdot v_c / \pi \cdot d$$

$$n = 1000 \cdot 70\text{mm}/\text{min} / 3,14 \cdot 3,5\text{mm}$$

$$n = 6369,427\text{rpm}$$

Besarnya kecepatan pemakanan dapat diketahui dengan rumus 5, sebagai berikut:

$$v_f = f \cdot n$$

$$v_f = 0,2\text{mm}/r \cdot 6369,427\text{rpm}$$

$$v_f = 1273,88535\text{mm}/\text{min}$$

Waktu pemotongan yang dihasilkan pada pembubutan dapat diketahui menggunakan persamaan 7:

$$t_{mbor} = (l + 0,3 \cdot D) / (f \cdot n)$$

$$t_{mbor} = (87,65\text{mm} + 0,3 \cdot 7\text{mm}) / (0,2\text{mm}/r \cdot 6369,427\text{rpm})$$

$$t_{mbor} = 0,07045375 \text{ min}$$

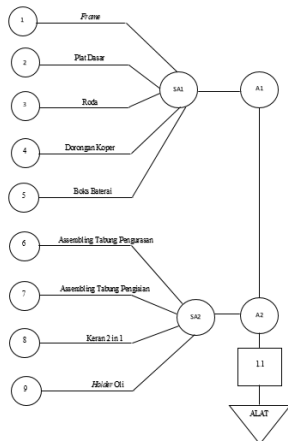
Tabel 9 Waktu manufaktur holder oli

DATA WAKTU MANUFAKTURING PADA HOLDER OLI		
No.	SESI	t (min)
1	1	0,205792348
2		0,174353098
3		0,151896491
4	2	0,138826745
5		0,095817967
6		0,193203303
7	3	0,163487303
8		0,142604446
9		0,129954731
10	4	0,119413303
11		0,033642857
12		0,0361728
13	5	0,006290467
14		0,006290467
15		0,006290467
16	6	0,054641607
17		0,058750656
18		0,006290467
19	7	0,006290467
20		0,006290467
21		0,006290467
22	8	0,07045375
23		0,176723125
24		0,200953458
25	9	0,019729667
26		0,019729667
TOTAL WAKTU PENGERJAAN		2,228380588

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Assembly

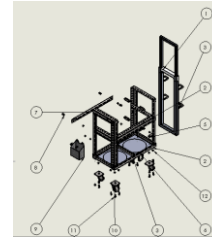
APC berguna untuk menjelaskan langkah-langkah serta urutan proses assembly. Berikut adalah Assembly Process Chart, yaitu:



Gambar 12 APC alat pengisi oli transmisi dan gardan

4.2 Proses Perkitan Komponen Sub Assembling 1

Sub assembling 1 merupakan komponen yang terdiri dari beberapa parts. Pada proses ini, BOM pada SA1 akan menjelaskan alur perakitan parts sehingga menjadi komponen sub assembling 1. Berikut adalah parts untuk perakitan komponen sub assembling 1:



Gambar 13 BOM untuk sub assembling 1

Pada gambar 13 didefinisikan beberapa komponen untuk sub assembling 1. Berikut komponen sub assembling 1:

Tabel 10 Komponen untuk perakitan sub assembling 1

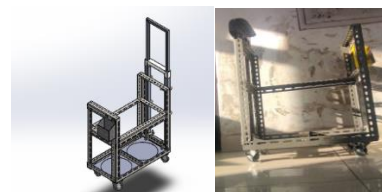
No	Nama Komponen	Jumlah
1	Pegangan	1
2	Frame	1
3	Baut Profil U ukuran M10 Lebar 30mm dan Panjang 30mm	6
4	Mur M10	16
5	Plat Tahanan	6
6	Plat Dasar	2
7	Tutup Frame	1
8	Baut M10	4
9	Boks Baterai	1
10	Roda 1 Inch	4
11	Baut M8	16
12	Mur M8	16
TOTAL		74

Melalui BOM pada desain gambar 13. Terdapat beberapa komponen yang teridentifikasi untuk perakitan sub assembling 1. Berikut proses perakitan komponen sub assembling 1, yaitu :

Tabel 11 SOP perakitan untuk perakitan sub assembling 1

No.	Urutan Kerja	Mesin/Alat
1	Siapkan peralatan dan komponen	• Kunci pas M10 • Kunci ring M10 • Kunci pas M8 • Kunci ring M8
2	Pasang plat dasar di masing-masing tempat pada frame.	
3	Pasang 4 roda di bawah frame dengan menggunakan baut ukuran dan mur ukuran M10. Gunakan kunci pas kemudian kencangkan sesuai panduan	
4	Pasang pegangan menggunakan baut profil U beserta tahanan dan mur ukuran M10. Gunakan kunci pas dan kunci ring, kemudian kencangkan sesuai panduan.	
5	Pasang boks baterai dengan baut dan mur ukuran M10. Gunakan kunci pas dan kunci ring untuk mengencangkannya.	

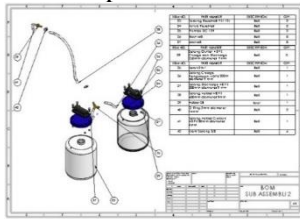
Hasil dari SOP perakitan menjadi komponen sub assembling 1. Berikut hasil komponen sub assembling 1:



Gambar 14 Hasil manufaktur sub assembling 1

4.3 Proses Perakitan Komponen Sub Assembling 2

Sub assembling 2 merupakan komponen yang terdiri dari beberapa *parts*. Pada proses ini, BOM pada SA2 akan menjelaskan alur perakitan *parts* sehingga menjadi komponen *sub assembling 2*. Berikut adalah *parts* untuk perakitan komponen *sub assembling 2*:



Gambar 15 BOM untuk sub assembling 2

Pada gambar 15 didefinisikan beberapa komponen untuk *sub assembling 2*. Berikut komponen *sub assembling 2*:

Tabel 12 Komponen untuk perakitan sub assembling 2

No	Nama Komponen	Jumlah
1	Tabung reservoir pengurasan	1
2	Tabung reservoir pengisian	1
3	Baut M8	8
4	Mur M8	8
5	Selang HDPE 1500mm	1
6	Selang HDPE 200mm	2
7	Selang HDPE 300mm	2
8	Pompa DC 12v 100Watt 160psi	2
9	Holder pengisi oli	1
10	O ring ukuran 16mm	2
TOTAL		28

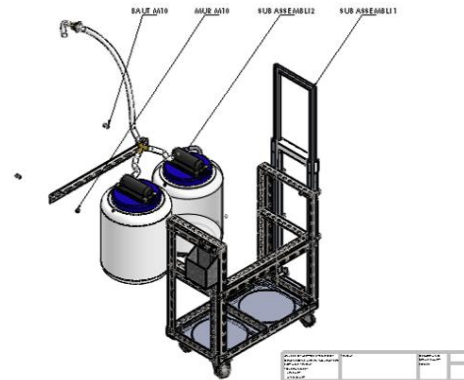
Melalui BOM pada desain gambar 16. Ada beberapa komponen yang teridentifikasi untuk perakitan *sub assembling 2*. Berikut proses perakitan komponen *sub assembling 2*, yaitu:

Tabel 13 SOP Perakitan untuk perakitan sub assembling 2

Proses Perakitan Komponen Sub Assembling 2		
No.	Urutan Kerja	Mesin/Alat
1	Siapkan peralatan dan komponen	• Kunci pas M8 Kunci ring M8
2	Pasang pompa pada tutup atas reservoir pengisian menggunakan baut dan mur ukuran M8. Kencangkan menggunakan kunci pas dan ring.	
3	Pasang pompa pada tutup atas reservoir pengurasan menggunakan baut dan mur ukuran M8. Kencangkan menggunakan kunci pas dan ring.	
4	Hubungkan selang 3/8 inch panjang 200mm ke <i>input charge</i> pompa pengurasan ke keran. Hubungkan selang ke output discharge pompa pengisian ke keran. Klem di masing-masing ujung selang menggunakan obeng minus.	
5	Hubungkan selang 3/8 inch dengan panjang 1500mm dari keran ke holder tap oli. Pasang tiap ujung selang menggunakan klem kemudian kencangkan menggunakan obeng minus.	
6	Hubungkan selang 3/8 inch panjang 50mm di output holder tap oli. Pasang klem kemudian kencangkan menggunakan obeng minus.	
7	Pasang selang 3/8 inch panjang 300mm ke output <i>discharge</i> pompa pengurasan ke lubang tabung pengurasan. Pasang klem dan kencangkan menggunakan obeng minus.	
8	Pasang selang 3/8 inch panjang 300mm ke <i>input charge</i> pompa pengisian ke lubang tabung pengisian. Pasang klem dan kencangkan menggunakan obeng minus.	

4.4 Proses Perakitan Menjadi Komponen

Setelah komponen *Sub Assembling 1* (SA1) dan *Sub Assembling 2* (SA2) selesai dirakit, maka tahap selanjutnya adalah menghubungkan komponen SA1 dan SA2 dirakit menjadi prototipe. Berikut desain perakitan komponen:



Gambar 16 Desain assembling

Proses perakitan komponen terdapat beberapa langkah *assembling*. Berikut SOP yang menjabarkan proses perakitan pada tabel 14:

Tabel 14 SOP perakitan komponen

SOP Perakitan Komponen		
No.	Urutan Kerja	Mesin/Alat
1	Siapkan peralatan dan komponen	• Kunci pas M10 • Kunci ring M10
2	Buka tutup pada frame menggunakan kunci pas M1	
3	Masukan komponen Sub Assembling 2 ke Sub Assembling 1	
4	Pasang tutup frame menggunakan baut dan mur ukuran M10. Kemudian kencangkan dengan kunci yang sesuai dengan kekuatan torsi 37 inch pounds	

4.5 Estimasi Pembuatan Alat Pengisi Oli Gardan

Dalam pembuatan alat pengisi oli gardan menghabiskan total RAB (Rancangan Anggaran Biaya) sebesar Rp 2.090.427. Berikut rincian anggaran yang akan dijelaskan pada tabel 15:

Tabel 15 RAB dalam pembuatan alat pengisi oli gardan

No.	Material	Satuan	Harga per satuan (Rp)	Jumlah	Harga (Rp)
1	Besi siku lubang 35mmx35mmx2mm panjang 3m	Batang	Rp49.500	2	Rp99.000
2	Plat galvanis ukuran 250mmx250mmx1mm	pcs	Rp50.000	2	Rp100.000
3	Plat galvanis ukuran 500mmx500mmx1mm	pcs	Rp62.500	1	Rp62.500
4	Mata potong gerinda merk Ryu ukuran 2 inch 4mm	pcs	Rp5.000	1	Rp5.000
7	Mata bor HSS merk Tohi diameter 10mm	pcs	Rp70.000	1	Rp70.000
8	Mata bor HSS merk Nachi diameter 8mm	pcs	Rp44.800	1	Rp44.800
9	Elektroda <i>steel</i> 2mmx300mm	pcs	Rp818	18	Rp14.724
11	Pompa DC 12V 100Watt 160 psi	pcs	Rp150.000	2	Rp300.000
12	Tabung HDPE ukuran 12 liter	pcs	Rp25.000	2	Rp50.000
13	Keran kuningan 2 in 1 ukuran 3/8	pcs	Rp9.000	1	Rp9.000
14	Selang HDPE benang ukuran 3/8 panjang 20mm	m	Rp17.500	2	Rp35.000
16	Baut dan mur stainless steel M10	pcs	Rp1.450	4	Rp5.800
17	Baut profil U ukuran M10 dengan lebar 30mm dan panjang 30mm beserta mur	pcs	Rp5.000	6	Rp30.000
18	Baut dan mur stainless steel M8 panjang 20mm	pcs	Rp650	24	Rp15.600
19	Klem selang stainless steel ukuran 3/8	pcs	Rp500	8	Rp4.000
21	Kuningan OD 22mm panjang 100mm	pcs	Rp80.000	1	Rp80.000
22	Roda <i>caster</i> karet	pcs	Rp7.000	4	Rp28.000
23	Baterai <i>Matchatt</i> MBT12U tipe gel 12V 14Ah	pcs	Rp1.060.000	1	Rp1.060.000
Jumlah Harga					Rp 2.090.427

Setelah melalui beberapa proses manufaktur dan *assembling* maka jadilah sebuah *prototype*. Berikut *prototype* alat pengisi oli gardan:



Gambar 17 Alat pengisi oli gardan[L-2]

4.6 Analisis Pengujian

Pengujian alat dilakukan di *workshop* Auto2000 Garuda dengan mencatat *lead time* penggantian oli menggunakan alat lama. Berikut data percobaan alat lama:

Tabel 16 Data penggantian oli gardan menggunakan alat lama

No.	Tipe Mobil	Pengambilan Data Penggantian Oli Gardan Menggunakan Alat Lama				KETERANGAN
		Kapasitas Oli Liter	Pengurasan Oli Menit	Pengisian Fluida Menit	Pengisian Oli Menit	
1	Avanza	2	1,20	4,04	2,02	7,26
2	Avanza	2	1,29	4,07	2,12	7,48
3	Avanza	2	1,31	4,03	2,14	7,48
4	Avanza	2	1,33	4,03	2,08	7,44
5	Avanza	2	1,27	4,05	2,09	7,41
6	Avanza	2	1,29	4,08	2,12	7,49
7	Avanza	2	1,31	4,03	2,17	7,51
8	Avanza	2	1,32	4,09	2,07	7,48
9	Avanza	2	1,31	4,12	2,11	7,54
10	Avanza	2	1,28	4,08	2,09	7,45
11	Avanza	2	1,31	4,07	1,59	6,97
12	Avanza	2	1,27	4,07	2,13	7,47
13	Avanza	2	1,31	4,13	2,08	7,52
14	Avanza	2	1,20	4,04	2,02	7,26
15	Avanza	2	1,29	4,07	2,12	7,48
16	Avanza	2	1,31	4,03	2,14	7,48
17	Avanza	2	1,33	4,03	2,08	7,44
18	Avanza	2	1,27	4,05	2,09	7,41
19	Avanza	2	1,29	4,08	2,12	7,49
20	Avanza	2	1,31	4,03	2,17	7,51
21	Avanza	2	1,32	4,09	2,07	7,48
22	Avanza	2	1,31	4,12	2,11	7,54
23	Avanza	2	1,28	4,08	2,09	7,45
Rata-rata Total Waktu Pekerjaan					7,44	

Berdasarkan tabel 16 alat lama menghasilkan *lead time* rata-rata 7,44menit. Proses berikutnya pengambilan data *lead time* untuk *prototype* alat pengisi oli gardan. Berikut pengambilan data menggunakan *prototype*:

Tabel 17 Data penggantian oli gardan menggunakan prototype

No.	Tipe Mobil	Pengambilan Data Penggantian Oli Gardan Menggunakan Prototype				Keterangan
		Kapasitas Oli Liter	Pengurasan Oli Menit	Pengisian Oli Menit	Total Waktu Pekerjaan Menit	
1	Avanza	2	7,38	5,14	12,52	
2	Avanza	2	5,14	5,1	10,24	
3	Avanza	2	5,3	5,22	10,52	
4	Avanza	2	6,42	6,42	12,84	
5	Avanza	2	5,1	5,18	10,28	
6	Avanza	2	5,3	5,22	10,52	
7	Avanza	2	5,5	5,02	10,52	
8	Avanza	2	5,26	5	10,26	
9	Avanza	2	5,1	5,16	10,26	
10	Avanza	2	5,22	5,14	10,36	
11	Avanza	2	5,08	5,22	10,3	
12	Avanza	2	6,7	4,96	12,06	
13	Avanza	2	6,54	5,04	11,58	
14	Avanza	2	5,22	4,98	10,2	
15	Avanza	2	5,1	5,36	10,26	
16	Avanza	2	5,26	5,38	10,26	
17	Avanza	2	5,1	5,16	10,26	
18	Avanza	2	5,22	5,14	10,36	
19	Avanza	2	5,08	5,22	10,3	
20	Avanza	2	6,7	4,96	12,06	
21	Avanza	2	6,54	5,04	11,58	
22	Avanza	2	5,22	4,98	10,2	
23	Avanza	2	5,36	5,36	11,12	
RATA-RATA TOTAL WAKTU PEKERJAAN			5,6	5,2	11,24	

Analisis debit aliran yang dihasilkan pada pompa DC diketahui, sebagai berikut:

Tabel 18 Data analisis pengujian

Nama Data	Notasi	Nilai Data
viskositas Oli Gardan 80W-90	η	1,3801N.s/m ²
Massa Oli Gardan 80W-90	ρ	2,625Kg
Volume Kapasitas Oli Gardan Avanza	v	0,002m ³
Panjang Selang	L	1,8m
diamater dalam inlet selang	d	0,009m
Tekanan Pompa	P_1	160 psi = 1103161,17N/m ²
Tekanan atmosfer dalam tabung	P_2	1 atm = 101325N/m ²
Daya listrik pompa	P	100W
Tegangan baterai aki	V	12V
Arus baterai aki	C	14 Ah

- a) Untuk menghitung massa jenis oli, maka merujuk pada rumus.

$$\rho = m \cdot 1/v$$

$$\rho = (2,625 \text{ Kg})/(0,003\text{m}^3)$$

$$\rho = 875 \text{ Kg/m}^3$$

- b) Untuk menghitung berat jenis Oli SAE 90 merujuk pada rumus .

$$\gamma = \rho \cdot g$$

$$\gamma = 875 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$\gamma = 8575 \text{ N/m}^3$$

- c) Untuk mengetahui debit aliran yang dihasilkan pada pompa, maka merujuk rumus 12 untuk menghitung debitnya.

$$Q = \pi r^4 (P_1 - P_2) / 8\eta L$$

$$Q = \pi r^4 (1103161,17 - 101325) / 8\eta L$$

$$Q = \pi \cdot 0,009^4 \text{m} \cdot (1103161,17 - 101325) / 8$$

$$\cdot 1,3801 \text{ N.s/m}^2 \cdot 1,8\text{m}$$

$$Q = 1.0385 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Dari perolehan perhitungan yang didapat untuk mengetahui aliran pompa tersebut maka debit aliran yang dihasilkan pada pompa tersebut, yaitu $4,87 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{s}$.

- d) Untuk menghitung arus yang dihasilkan pada pompa dapat menggunakan rumus 14:

$$I = P/V$$

$$I = 100W/12V$$

$$I = 8,3A$$

- e) Untuk menghitung waktu pemakaian pada pompa DC dapat dijelaskan pada rumus 13:

$$t = (C/I) - \phi$$

$$t = (14Ah/8,3A) - 0,3373$$

$$t = 1,357h \cdot 60min = 81,4 \text{ min}$$

Berdasarkan tabel 17 menghasilkan *lead time* rata-rata 11,24 menit dengan debit dihasilkan oleh prototype adalah $1.0385 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$.

5 SIMPULAN

Pada manufaktur alat pengganti oli gardan, dapat disimpulkan bahwa dalam proses manufaktur, metode yang dipakai dalam pembuatan *prototype*, yaitu menggunakan proses DFM dan DFA. Pada proses manufaktur *prototype* terdiri komponen yang dibuat dan dibeli untuk kemudian dirakit berdasarkan *Bill of Material*. Untuk komponen yang dibuat, yaitu *frame*, *holder* oli, instalasi selang, dan boks baterai. Total RAB dalam pembuatan alat ini, yaitu sebesar Rp 2.090.427.

Setelah proses pembuatan komponen yang dibutuhkan selesai. Komponen dirakit sesuai dengan APC. APC pada assembling ini terdiri dari dua, yaitu *sub assembly* 1 dan *sub assembly* 2. *Lead time* rata-rata alat lama adalah 7,44 menit sedangkan *prototype* 11,24 menit dengan debit dihasilkan oleh prototype adalah $1.0385 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$.

KEPUSTAKAAN

- [1] PT. TOYOTA and ASTRA MOTOR, *New Step: Training Manual*. Jakarta: Toyota, 2012.
- [2] M. Ashby, *Materials and the Environment: Eco-informed Material Choice: Second Edition*. Oxford: Elsevier, 2012.
- [3] B. Sulaksono, "Proses Manufaktur Mesin Roll Bending Pipa Model Vertikal dengan Jenis Pipa Stainless Steel Diameter $\frac{3}{4}$ Inchi," *Jurnal Mekanika Teknik Mesin S-1 FTUP*, vol. 14, no. 2, pp. 47–51, 2016.
- [4] S. K. S. R. Schmid, *Manufacturing Engineering and Technology*, Seventh Ed. London: Pearson, 2013.
- [5] W. A. Knight and G. Boothroyd, *Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools*. Florida: CRC Press, 2019.
- [6] H. Budiarmo, *Sistem Fluida: Prinsip Dasar dan Penerapan Mesin Fluida, Sistem Hidrolik, dan Sistem Pneumatik*. Jakarta: Erlangga, 2015.