



Manufaktur Poros Gardan Mobil P6 Mutu Kedua Diameter 54 mm, Tebal 3 mm, Panjang 333 mm, Kapasitas 0,2 Biji/Jam

Naufal Fikri Abdillah¹, Syamsul Hadi^{2*}, Muhammad Darussalam³, Muhammad Zain Abdul Hakim⁴, Yahya Novriyanto Kurniawan⁵

^{1, 3-5} Program Studi Diploma IV, Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

² Program Studi Doktor Terapan, Optimasi Desain Mekanik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Email: naufalfikri12345@gmail.com¹, syamsul.hadi@polinema.ac.id², darussb56@gmail.com³, mhakim1144@gmail.com⁴, yahyanovriyantokurniawan@gmail.com⁵

*Penulis Korespondensi: syampol2003@yahoo.com

Abstract. *The problem of scarcity of original factory axle shaft components on P6 car vehicles in 2006 has driven the need for second-grade alternative products to meet functional and economic aspects. The manufacturing objective is to obtain a second-grade P6 car axle shaft with a diameter of 54 mm, a thickness of 3 mm, a length of 333 mm with a yoke measuring 77 mm x 72 mm long x 63.8 mm wide from medium carbon steel, AISI 4140. The manufacturing method includes: axle shaft design, AISI 4140 material preparation, yoke milling to 72 x 70 x 57 mm, yoke forging to 72 x 63.8 x 57 mm, yoke hardening and tempering, yoke drilling to 22 mm diameter, shaft and yoke welding, and quality and dimension inspection. The manufacturing results are in the form of a second quality P6 car axle shaft with a diameter of 54 mm, a thickness of 3 mm, a length of 333 mm, AISI 4140 material, a total production cost of IDR 433,300-/unit, and a process duration of 300 minutes/unit which implies that the need for a P6 car axle shaft, a 1000 cm³ car, in 2006 can be met, so that this type of car can be used again.*

Keywords: AISI 4140; Axle Shaft; P6 Car; Second Grade; Yoke.

Abstrak. Permasalahan kelangkaan komponen poros gardan asli pabrikan pada kendaraan mobil P6 tahun 2006 mendorong kebutuhan produk alternatif mutu kedua untuk memenuhi aspek fungsional dan ekonomis. Tujuan manufaktur untuk memperoleh poros gardan mobil P6 mutu kedua diameter 54 mm, tebal 3 mm, panjang 333 mm dengan yoke berukuran 77 mm x panjang 72 mm x lebar 63,8 mm dari bahan baja karbon sedang, AISI 4140. Metode manufaktur meliputi: desain poros gardan, penyiapan bahan AISI 4140, pengefraisan yoke menjadi 72 x 70 x 57 mm, penempaan yoke menjadi 72 x 63,8 x 57 mm, pengerasan dan tempering yoke, pelubangan yoke diameter 22 mm, pengelasan poros dan yoke, dan pemeriksaan mutu dan dimensi. Hasil manufaktur berupa poros gardan mobil P6 mutu kedua diameter 54 mm, tebal 3 mm, panjang 333 mm, bahan AISI 4140, total biaya produksi Rp 433.300-/unit, dan durasi proses 300 menit/unit yang berimplikasi bahwa kebutuhan poros gardan mobil P6, mobil 1000 cm³, tahun 2006 dapat dipenuhi, sehingga mobil tipe tersebut dapat difungsikan kembali.

Kata Kunci: AISI 4140; Mobil P6; Mutu Kedua; Poros Gardan; Yoke.

1. LATAR BELAKANG

Seiring bertambahnya usia kendaraan bermotor, sistem mekanis atau komponen perlu perawatan maupun pergantian dari sudut *lifetime*. Permasalahan yang terjadi pada kendaraan mobil P6 adalah kelangkaan komponen poros gardan (*propheller*), sehingga dibutuhkan produk mutu kedua (imitasi) atau dikenal lainnya dengan kualitas lebih rendah (KW) sebagai suku cadang. Oleh karenanya konsumen kendaraan bermotor secara tidak langsung permintaan (*demand*) nya tidak terpenuhi. Ketersediaan suku cadang pengganti tersebut harus menjadi prioritas utama karena poros gardan tersebut sangat dibutuhkan, terutama kendaraan niaga.

Karena perkembangan teknologi dan inovasi kendaraan bermotor yang sangat cepat, kebutuhan suku cadang (*spare part*) kendaraan bermotor juga meningkat (Pratama, 2022) yang memperkuat argumen bahwa pertumbuhan pasar *aftermarket* bukan sekadar fenomena konsumtif, melainkan respons logis terhadap percepatan inovasi produk.

Poros gardan dalam sistem penggerak mobil berfungsi menggerakkan roda sebagai penerus tenaga putar mesin yang dihubungkan ke sistem kopling, transmisi, poros gardan (Pujiono dkk., 2025) bahwa yang menyatakan gardan bukan komponen pasif yang menanggung beban dinamis secara kontinyu. Sebagai bagian dari sistem mesin, poros gardan merupakan satu bagian dari transmisi daya yang terdapat pada kendaraan jenis *Front Wheel Rear Drive* (FR) dan *Four Wheel Drive* (4WD) yang mana letaknya berjauhan antara mesin dan roda penggerak yang membutuhkan komponen penerus daya putar dari mesin ke roda belakang. Poros gardan sebagai komponen penting pada sebuah mobil (Saputra & Sumarjo, 2021). Poros gardan berperan krusial penyalur daya dari mesin ke roda penggerak pada kendaraan.

Poros gardan secara keseluruhan merupakan produk rakitan (*assembly*) yang terdiri dari badan poros dan komponen *yoke*. *Yoke* merupakan elemen mekanik yang menghubungkan komponen dan menransmisikan torsi dalam sistem kendaraan (Vijay & Nath, 2022). Proses manufaktur ujung *yoke* mencakup serangkaian operasi khusus meliputi penempaan (*forging*) untuk meningkatkan kekuatan struktur ujung, pengefraisan (*milling*) untuk membentuk profil geometri ujung, pengeboran (*drilling*), dan pengelasan (*welding*) untuk menyambungkan *yoke* ke *tube yoke*. Oleh karenanya penelitian tersebut membatasi lingkup pembahasannya pada proses manufaktur dan pemesinan mulai dari pemotongan bahan hingga *machining* dan *forged* (Dhage dkk., 2017) yang memberikan dasar teknis bahwa kegagalan *yoke* sering terjadi akibat proses manufaktur yang tidak optimal, khususnya pada tahap tempa dan geometri sambungan.

Tujuan manufaktur untuk memperoleh: (1) poros pipa dan *yoke*; (2) hitungan parameter pemesinan yang optimal untuk setiap tahapan; dan (3) biaya dan durasi proses pembuatan poros gardan untuk tiap unit.

2. KAJIAN TEORITIS

Baja Kromium-Molibdenum atau baja AISI 4140 sebagaimana Tabel 1, memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang sangat baik. Baja AISI 4140 dianggap kokoh dengan kekerasan maksimum baja AISI 4140 yang telah sepenuhnya dikeraskan adalah 60 HR_C. Baja karbon sedang, yang terdiri dari AISI 1045 dan AISI 4140, banyak digunakan untuk membuat bagian-bagian untuk berbagai industri, terutama yang berkaitan dengan kendaraan, untuk poros engkol

dan poros gardan yang banyak digunakan untuk membuat bak truk jungkit dan *container* karena mudah diubah dan kuat (Lestari dkk., 2025) yang menempatkan AISI 4140 dalam konteks pengelasan bahan berbeda (*dissimilar welding*) yang relevan dengan tahap perakitan pengelasan *yoke*.

Tabel 1. Komposisi Kimia Baja AISI 4140 (Saragih, 2023).

No.	Unsur Kimia	Kadar (%)
1	Karbon (C)	0,443
2	Mangan (Mn)	0,805
3	Silikon (Si)	0,308
4	Kromium (Cr)	1,15
5	Fosfor (P)	0,021
6	Sulfur (S)	0,01
7	Molibdenum (Mo)	0,198
8	Nikel (Ni)	0,253
9	Alumunium (Al)	0,0198
10	Kobalt (Co)	0,020
11	Tembaga (Cu)	0,320
12	Titanium (Ti)	0,026
13	Wolfram (W)	0,0114
14	Besi (Fe)	Sisanya

Tabel 2. Sifat Mekanis Baja AISI 4140 (Wijaya, 2022).

Sifat Mekanik	Nilai
<i>Tensile strength</i> , MPa	655
<i>Yield strength</i> , MPa	415
<i>Elastic modulus</i> , GPa	190-210
<i>Elongation</i> , % (dalam 50 mm)	25.70
<i>Hardness</i> , Brinell (HB)	197

Pahat bubut peraut benda kerja yang dicekam pada *spindle* mesin bubutnya dan berputar, menghasilkan sayatan yang mirip kawat, serpihan, atau serbuk. Pembubutan adalah proses permesinan yang membuat benda berbentuk silindris dengan memutarnya, kemudian memotongnya dengan pahat yang berjalan paralel dengan sumbu putarnya (Sunardi dkk., 2023) yang putarannya sebagai putaran mesin bubut, yang potensinya menyayat dengan satuan *revolution per minute (rpm)* (Towijaya & Prasetyo, 2024). Satuan kecepatan mesin bubut sebagai *rpm*. Menurut Sunding dkk. (2023) sebagian bahan dibuang dalam bentuk serpihan selama proses pembubutan, yang membentuk bahan tersebut.

Menurut (Sucipto dkk., 2022) kecepatan potong merupakan kecepatan relatif antara permukaan benda kerja dan mata potong pahat, digunakan Persamaan (1).

$$V_c = (\pi \times D \times n) / 1000 \text{ (m/menit)} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan: D adalah diameter benda kerja (mm) dan n adalah putaran *spindle* (rpm). Sucipto dkk. (2022) menegaskan bahwa V_c bukan hanya parameter kecepatan, tetapi indikator langsung umur pahat dan mutu permukaan. Dalam konteks artikel ini, pemilihan V_c yang tepat untuk

AISI 4140 bahan dengan kekerasan 197 HB menjadi kunci untuk mencapai toleransi IT7 dan kekasaran $Ra \leq 1,6 \mu m$ tanpa memperpendek umur pahat secara tidak ekonomis.

Satu faktor yang dievaluasi dalam uji kompetensi operator adalah waktu pemesinan (*machining time*, t_m) digunakan Persamaan (2). Waktu produktif dan waktu non-produktif merupakan dua bagian dari waktu pemesinan. Waktu pemotongan, yang kadang-kadang disebut sebagai waktu produktif, adalah lamanya waktu yang digunakan untuk memotong benda kerja. Waktu non-produktif adalah lamanya waktu yang dihabiskan untuk tugas-tugas selain memotong benda kerja, untuk menyiapkan mesin, dan menyiapkan perlengkapannya (Sunding dkk., 2023).

$$t_m = L / (f \times n) \text{ (menit) (2)}$$

Dengan: L adalah panjang langkah pemesinan (mm) dan f adalah gerak makan (mm/putaran). Formulasi Sunding dkk. (2023) menjadi dasar seluruh perhitungan t_m . Lebih penting lagi, konsep waktu non-produktif yang menjelaskan total waktu produksi jauh melampaui waktu pemesinan aktif dalam verifikasi kapasitas produksi.

Menurut Nazal dkk., (2024) mengatakan bahwa penempaan panas menghasilkan batas leleh yang optimal, penurunan kekerasan, dan peningkatan ketangguhan dengan mengeraskan logam pada suhu yang sangat tinggi, sedangkan penempaan dingin membantu meningkatkan kekuatan logam dengan mengeraskannya pada suhu ruangan. proses penempaan logam lebih diminati daripada pemesinan dan pemotongan bahan sebagai metode produksi yang dapat diterima (Ku, 2018). Penempaan dingin sangat cocok dipilih pada manufaktur poros gardan ini karena sesuai dengan kebutuhan kekuatan di lapangan. Persamaan perluasan volumetrik pada barang yang akan ditempa (Nazal dkk., 2024) digunakan Persamaan (3).

$$V_{\text{selected sheet}} = (1 + El \%) \cdot V_{\text{design product}} \text{ (3)}$$

Untuk menghitung ketebalan lembaran atau bahan yang akan ditempa dapat dihitung menggunakan Persamaan (4).

$$th = \frac{4(1 + El \%) \cdot V_{\text{design product}}}{\pi \cdot d^2} \text{ (4)}$$

Dengan: V adalah $selected\ sheet = \pi \cdot d^2 / 4$, $V_{\text{design product}}$ adalah volume *design* barang yang akan ditempa, dan El% :persentase dari elongation barang yang ditempa.

Pengelasan *Gas Metal Arc Weilding* (GMAW) sebagai metode pengelasan yang paling umum digunakan di industri pengelasan, memiliki potensi untuk memengaruhi mutu pengelasan baik dari segi kekuatan struktur bahan maupun mutu produk yang menggunakan bahan yang dilas (Yogho dkk., 2024). GMAW adalah penyatuan dua bahan atau lebih dengan pencairan memakai elektroda bentuk gulungan yang dijulurkan (Pardede dkk., 2024) yang menunjukkan bahwa pH media dan variabel proses GMAW secara signifikan memengaruhi laju korosi dan integritas sambungan.

Gardan menyalurkan tenaga putar yang dihasilkan oleh mesin melalui sistem kopling dan transmisi menuju roda penggerak di bagian belakang kendaraan. Komponen ini harus mampu menangani beban puntir (*torsional load*) (Marijancevic dkk., 2025) yang berfluktuasi sesuai dengan kondisi jalan dan perubahan kecepatan kendaraan. Oleh karenanya, desain gardan harus mempertimbangkan kekuatan mekanis, ketahanan fatigue, dan kemampuan untuk menahan getaran yang timbul selama operasional kendaraan agar tidak terjadi kerusakan (Rahman dkk., 2018).

Menurut Pujiono dkk. (2025), poros gardan dan differential berperan merubah arah 90° dari putarannya yang menghasilkan gerakan mobil maju atau mundur. Komponen pokok gardan berupa roda gigi penerus torsi mesin ke roda.

Poros gardan umumnya dibuat dari bahan baja dengan tingkat kekerasan dan kekuatan tarik yang tinggi. bahan SM45C dengan kekuatan geser 370 MPa telah menjadi standar industri selama bertahun-tahun, namun dalam penelitian *contemporary*, penggunaan baja paduan untuk AISI 4140 semakin populer karena kemampuannya untuk merespons perlakuan panas (*heat treatment*) dan sifat mekanis yang lebih superior.

Menurut hasil penelitian Tuninetti dkk. (2024) pada optimalisasi *propeller shaft* laut, analisis elemen hingga (*finite element analysis*) terhadap area *keyway* menunjukkan konsentrasi tegangan yang mencapai kekuatan ultimate bahan, sehingga perlu desain khusus untuk mitigasi *stress concentration*.

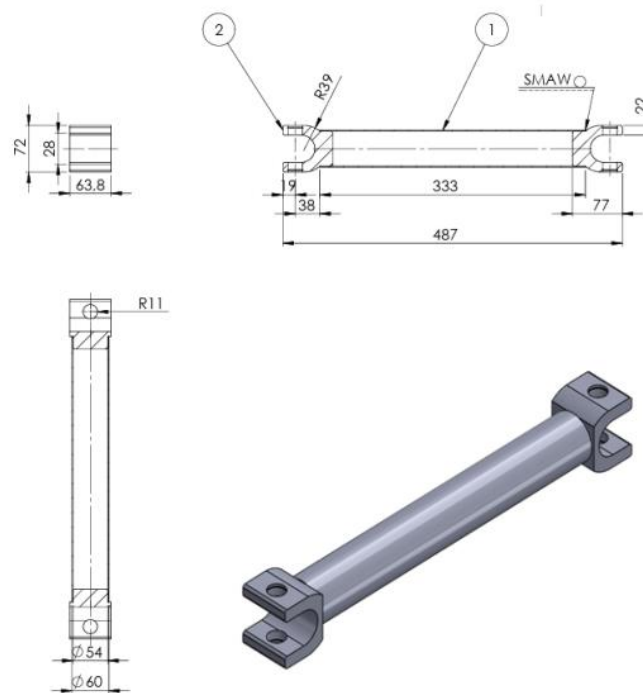
Penelitian terbaru dalam industri manufaktur menunjukkan bahwa optimalisasi parameter pemesinan dapat meningkatkan efisiensi produksi secara signifikan. Shinde & Sawant, (2021) dalam studi mereka tentang *composite driveshaft* untuk kendaraan ringan menggunakan analisis numerik untuk mengevaluasi performa bahan komposit (glass-epoxy) dibandingkan dengan baja konvensional. Manufaktur poros gardan yang paling optimal melibatkan proses pemotongan bahan baku, pembubutan untuk membentuk dimensi poros utama, penempaan (*forging*) untuk meningkatkan kekuatan struktur yoke, pengeboran untuk

pembuatan lubang pada *yoke*, milling untuk membentuk profil geometri yang tepat, dan pengelasan untuk merangkai komponen menjadi satu kesatuan.

3. METODE PENELITIAN

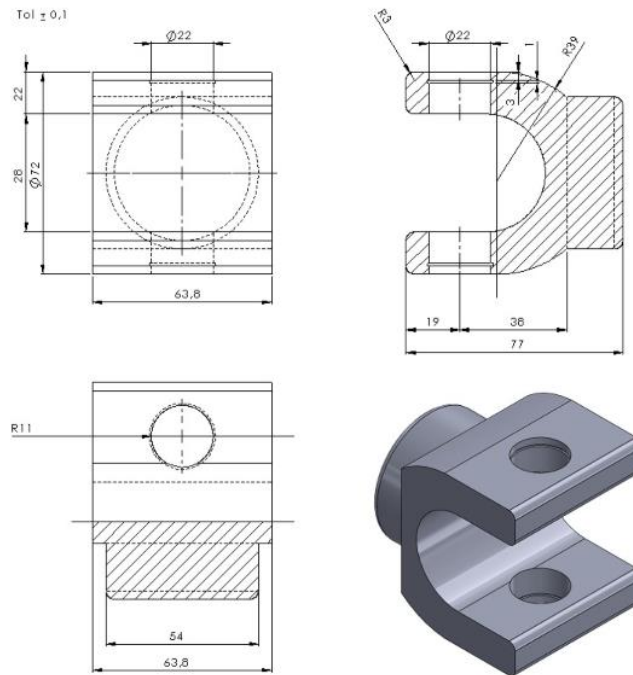
Perencanaan proses manufaktur dan eksperimen merupakan teknik penelitian yang digunakan. Identifikasi spesifikasi produk, pemilihan bahan, urutan proses manufaktur, perhitungan parameter proses, pelaksanaan manufaktur, dan evaluasi mutu produk merupakan langkah langkah dalam proses penelitian.

Poros propeler sebagaimana Gambar 1 memiliki dimensi 487 x 72 x 60 mm, bahan baja AISI 4140, dan toleransi ± 1 mm. Poros propeler terdiri dari 2 bagian yaitu bagian pertama berupa poros sepanjang 333 mm yang dilas dengan ujung bagian Yoke yang berdiameter 54 mm dengan pengelasan secara melingkar *Shield Metal Arc Welding* (SMAW).



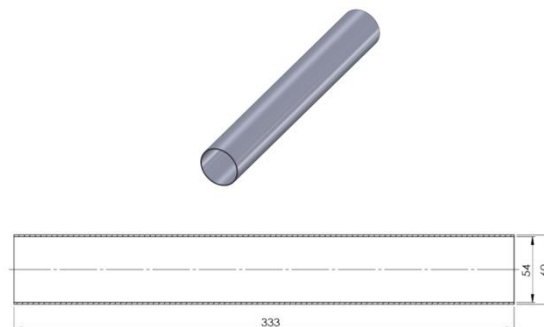
Gambar 1. Poros Propeler.

Yoke sebagai pasangan poros propeler sebagaimana Gambar 2 memiliki dimensi 77 x 72 x 63,8 mm, bahan baja AISI 4140, dan toleransi ± 1 mm.



Gambar 2. Yoke Pasangan Poros Propeler.

Badan posos sebagaimana Gambar 3 memiliki dimensi ϕ luar 60 mm, ϕ dalam 54 mm, panjang 333 mm, bahan baja AISI 4140, toleransi ± 1 mm, dan kekasaran permukaan N8.



Gambar 3. Badan Posos Berlubang.

Bahan yang dipilih dalam manufaktur adalah AISI 4140 yang merupakan baja paduan baja kadar C=0,38-0,43%, ditambah unsur Cr=1,15%; Mn=0,805%; Cu=0,320%; Ni=0,253%; Si=0,308% dan Mo=0,198% . Baja AISI 4140 sering dipakai untuk otomotif terutama komponen mesin berupa poros engkol, batang penghubung, roda gigi dan suku cadangnya (Wijaya, 2022), yang mana bahan tersebut mempunyai kekuatan mekanik yang lebih unggul dibandingkan dengan baja karbon rendah, nilai kekuatan tarik dan kekuatan luluh pada kondisi tanpa perlakuan panas pun sudah jauh melampaui standar minimal ASTM. Selain hal tersebut, AISI 4140 memberikan kombinasi ideal antara kemampuan bentuk (*drawability*) dan kekuatan mekanik, dan memiliki keunggulan untuk dapat direstorasi guna memperpanjang siklus hidup komponen meski terpapar kondisi operasional yang keras (Mudda dkk., 2025). Keunggulan

utamanya terletak pada fleksibilitas modifikasi sifat kekerasan, ketahanan aus, dan kekuatan luluh melalui perlakuan panas yang dapat disesuaikan untuk mencapai hasil optimal.

Urutan manufaktur poros propeler dan *Yoke* sebagaimana Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. *Operation Sheet* Manufaktur Poros Propeler Gardan P6.

No.	Operasi	Mesin/Alat	Parameter Proses	Keterangan
1	Pemotongan Bahan	Mesin Gerinda	$\phi 60$ mm, L = 333 mm	Bahan baku AISI 4140, pemotongan dari batang panjang; periksa kelurusan bahan
2	Pembubutan <i>Facing</i>	Mesin Bubut dan Pahat	Kedalaman 0,5 mm, Feeding 0,1 mm/rev	Meratakan kedua ujung dan panjang akhir poros 333 mm
3	Pembubutan Halus	Mesin Bubut dan Pahat	$\phi 57,5 \rightarrow \phi 57$ mm; ap = 0,25 mm; f = 0,1 mm/rev; v = 120 m/min	Finishing agar mencapai ukuran akhir

Tabel 4. *Operation Sheet* Manufaktur *Yoke* Gardan P6.

No.	Operasi	Mesin/Alat	Parameter Proses	Keterangan
1	Pemotongan Bahan	Mesin gerinda	Potong bahan sesuai kebutuhan	Bahan baku AISI 4140, pemotongan dari batang panjang; periksa kelurusan bahan
2	<i>Milling Profil</i>	Mesin Milling CNC	End mill atau face mill; <i>depth of cut</i> 2–3 mm; f = 0,1 mm/tooth	Pembentukan dua sisi lengan <i>yoke (fork)</i>
3	Penempaan	<i>Hydraulic Press Forge</i>	<i>Temperatur forging</i> 20–30°C; tekanan sesuai kapasitas press	Penempaan meningkatkan kekuatan struktur butir
4	<i>Quenching</i>	Pendinginan Cepat	Didinginkan dengan oli, laju pendinginannya cepat	Bahan sangat kuat namun sangat getas
5	<i>Tempering</i>	Pemanasan Ulang	Di suhu 425 °C	Disini bahan akan sangat kuat dan ulet
6	<i>Driling</i> Lubang	Mesin Bor	Sesuaikan Bor dengan diameter di gambar teknik	Pengeboran lubang untuk pemasangan <i>cross bearing universal joint</i>
7	Pembubutan <i>Ring</i>	Mesin Bubut	Gunakan pahat ring untuk pembubutan dalam	Pembubutan untuk peletakan <i>ring snaper</i>
8	Pembubutan Leher sambungan	Mesin Bubut	Pembubutan dilakukan dengan suaian sesak	Pembubutan lubang tengah <i>yoke</i> yang menyatu dengan poros
9	Proses Assembly-Pengelasan	Mesin Las	<i>Assembly yoke</i> dengan <i>shaft</i> dengan melakukan pengelasan	Proses <i>assembly</i>

Perhitungan parameter proses manufaktur pemesinan untuk poros gardan sebagaimana Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Parameter Proses Manufaktur Pemesinan.

Operasi	D (mm)	n (rpm)	f (mm/put)	ap (mm)
<i>Facing</i>	57	170	0,2	1
<i>Turning</i>	57	170	0,25	2
<i>Drilling</i>	22	290	0,15	11
<i>Milling</i>	42	190	0,1	1,5
Las	57	-	-	-

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter pemesinan yang direncanakan dalam perhitungan kecepatan potong dan waktu pemesinan untuk setiap tahapan proses pada poros propeler dan Yoke sebagaimana Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Parameter pemesinan dan waktu pemesinan Poros Propeler.

No.	Proses	D (mm)	n (rpm)	f (mm/put)	ap (mm)	Vc (m/min)	L (mm)	tm (menit)
1	Pemotongan bahan	60	200	0,20	1,0	37,68	333	10,275
2	Pembubutan <i>facing</i>	59	300	0,15	1	55,57	333	9,130
3	<i>Finish turning</i>	57	500	0,08	0,5	89,54	333	10,275
								29,680

Tabel 7. Parameter Pemesinan dan Waktu Pemesinan Yoke.

No.	Proses	D (mm)	n (rpm)	f (mm/put)	ap?(mm)	Vc (m/min)	L (mm)	tm (menit)
1	Pemotongan bahan	-	-	-	-	-	80	5
2	<i>Milling Profil</i>	30	300	0.2	1	28,26	77	1.28
3	Penempaan	-	-	-	-	-	77	1
4	<i>Normalizing</i>	-	-	-	-	-		70
5	<i>Drilling</i> Lubang	22	21,6	0,15	-	15	72	10.368
6	Pembubutan <i>Ring</i>	23,5	400	0,15	1,5	29,516	72	1.2
7	Pembubutan Leher sambungan	54	400	0,15	0,5	27	72	1.2
8	Proses <i>Assembly</i> -Pengelasan	-	-	-	-	-	57	5,7
Subtotal waktu pemesinan aktif								95,748

Estimasi biaya dan waktu manufaktur poros gardan untuk mobil P6 sebagaimana Tabel 8.

Tabel 8. Estimasi Biaya dan Waktu Manufaktur Poros Gardan Mobil P6.

No.	Tahapan Proses	Biaya Produksi (Rp)	Durasi Proses (Menit)
1	Desain desain poros gardan	50.000	30
2	Penyiapan bahan AISI 4140	188.000	10
3	Pengefraisan <i>yoke</i> menjadi 72 x 70 x 57 mm	30.000	55
4	Penempaan <i>yoke</i> menjadi 72 x 63,8 x 57 mm	15.000	30
5	Pengerasan dan tempering <i>yoke</i>	25.000	90
6	Pelubangan <i>yoke</i> diameter 22 mm	25.000	30
8	Pengelasan poros dan <i>yoke</i>	50.000	45
9	Pemeriksaan mutu dan dimensi	50.000	10
	Jumlah	433.000	300
	Pajak 10%	43.300	
	Laba 15%	64.950	
	Total/Harga jual/unit	541,250	

Hasil manufaktur sejalan dengan penelitian Dhage dkk. (2017) yang menyatakan bahwa proses manufaktur Yoke sangat mempengaruhi kekuatan sambungan dan keandalan sistem transmisi kendaraan, khususnya pada tahapan penempaan dan pengelasan yang menjadi fokus utama dalam pembuatan poros gardan mobil P6.

Pemilihan bahan AISI 4140 pada manufaktur juga didukung oleh penelitian Mudda dkk. (2025) yang menjelaskan bahwa baja AISI 4140 memiliki sifat mekanik unggul dan mampu mengalami perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasan, kekuatan tarik, dan ketahanan aus, sehingga cocok digunakan pada komponen gardan.

Perhitungan parameter pemesinan dan waktu produksi pada manufaktur sesuai dengan teori Sunding dkk. (2023) yang menyebutkan bahwa kombinasi kecepatan putar, gerak pemakanan, dan waktu non-produktif sangat berpengaruh terhadap efisiensi proses manufaktur dan pencapaian kapasitas produksi secara optimal.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil manufaktur berupa poros gardan mobil P6 mutu kedua diameter 57 mm, tebal 22 mm, panjang 487 mm, bahan baja karbon menengah AISI 4140, total biaya produksi Rp 476.300-/unit, dan durasi proses 342 menit/unit yang berimplikasi bahwa kebutuhan poros gardan mobil P6, mobil 1000 cm³, tahun 2006 dapat dipenuhi, sehingga mobil tipe tersebut dapat difungsikan kembali.

Saran tindak lanjut atas simpulan adalah pemasangan *steady rest* pada mesin bubut memakan waktu cukup lama yaitu 30 menit, maka pengembangan dapat difokuskan pada desain *quick-change steady rest* atau alat bantu cekam khusus yang bertujuan untuk dapat mengurangi waktu non-produktif secara signifikan tanpa harus beralih ke mesin otomatis,

penelitian selanjutnya dapat menguji berbagai tingkat reduksi ketebalan atau persentase perpanjangan pada proses penempaan dingin untuk mencari nilai optimal kekuatan bahan, karena penempaan dingin meningkatkan kekuatan logam dengan cara mengeraskannya secara mekanis, sehingga kekuatan luluh yang lebih tinggi dapat dicapai tanpa perlakuan panas, penelitian lanjutan dapat difokuskan pada pencarian batas parameter maksimal yang mana toleransi tetap terjaga, namun waktu pemesinan aktif dapat dipersingkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Dhage, S. K., Mishra, H., & Tathe, P. G. (2017). Failure Analysis and Modification of Yoke Assembly of Transmission System in Automobiles. *IJIRST-International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 3(10), 34-39. www.ijirst.org
- Ku, T. W. (2018). A study on Two-Stage Cold Forging for a Drive Shaft with Internal Spline and Spur Gear Geometries. *Article Metals*, 8(11), 2-18. <https://doi.org/10.3390/met8110953>
- Lestari, N., Putranto, R. D. A. & Sidharta, B. W. (2025). Pengujian Sifat Mekanik Pengelasan Dissimilar pada Baja AISI 1045 dan AISI 4140 dengan Metode Tungsten Inert Gas (TIG). *Prosiding Sains Nasional dan Teknologi*, 15(1), 362-368. <https://doi.org/10.36499/psnst.v15i1.14876>
- Marijancevic, A., Braut, S., Žigulic, R., & S. A. (2025). Fatigue Assessment of Marine Propulsion Shafting Due to Cyclic Torsional and Bending Stresses. *Faculty of Engineering, University of Rijeka*, 13(384), 1-18.
- Mudda, S., Hegde, A., Sharma, S., Gurumurthy, B. M., Shettar, M. & Gowrishankar, M. C. (2025). Effect of Various Heat Treatment Methods and Optimization of Their Parameters on Mechanical Properties of AISI 4140 Steel. *Scientific Reports*, 15(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-17299-1>
- Nazal, S. A., Nasser, M. A., Hanon, M. M. & Ameen, H. A. (2024). Investigation of the Impact of Product Thickness and Strain on Cold Forging Processes. *Acta Polytechnica*, 64(5), 420-429. <https://doi.org/10.14311/AP.2024.64.0420>
- Pardede, E. E., Budiarto, U., & Kiryanto. (2024). Analisis Pengaruh pH Air terhadap Laju Korosi dengan Pengelasan GMAW Aplikasi Coating dan Tanpa Coating Baja A36. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 12(2), 1-12. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- Pratama, R. F. (2022). Analisis Mekanik dan Tribologi pada Cakram Orisinal dan Imitasi dengan Perlakuan Pengerasan Permukaan. *Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia*, 1-62.
- Pujiono, A., Towijaya & Maulana, S. A. (2025). Perawatan dan Perbaikan Sistem Gardan pada Mesin Daihatsu Espass Pick Up. *Jurnal Ilmiah Surya Teknika*, 9(2), 1-11. <https://doi.org/10.48144/suryateknika.v9i2.2059>
- Rahman, F., Manguluang, Z., Tamrin, M. & Joko, Z. (2018). Analisis Kerusakan Gardan (Differential) dan Pengaruhnya terhadap Putaran Roda Belakang pada Kendaraan Fuso Fighter. *Al-Gazali Journal of Mechanical Engineering*, 29, 40-43.

- Saputra, D. A. & Sumarjo, J. (2021). Perencanaan Ulang Propeller Shaft pada Mobil Toyota Kijang Super 1500cc Tahun 1990. *Infomatek*, 23(2), 115-121. <https://doi.org/10.23969/infomatek.v23i2.4376>
- Saragih, D. T. (2023). Analisis Perambatan Retak Fatik Baja Paduan AISI 4140 yang Diberi Perlakuan Multi Austemper. *Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung*, 1-64.
- Shinde, R. M. & Sawant, S. M. (2021). Numerical Study on Glass-Epoxy Composite Driveshaft for Light Motor Vehicle. *Journal of Material, Mechanical & Modeling*, 020007(May), 1-10.
- Sucipto, H., Nasution, A. R., Umurani, K. & Siregar, A. M. (2022). Pengaruh Putaran Spindle dan Bahan Spesimen terhadap Gaya Potong pada Proses Pemesinan Turning. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 5(1), 65-74. <https://doi.org/10.30596/rmme.v5i1.10267>
- Sunardi, E., Lubis, S. Y. & Rosehan. (2023). Pengaruh Variasi Parameter Proses Pembubutan Poros untuk Menghasilkan Kondisi Pemotongan Ekonomik dan Kondisi Pemotongan Produktif. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 6(1), 288-295. <https://doi.org/10.31004/jutin.v6i1.16414>
- Sunding, A., Yudo, E. & Husman. (2023). Perhitungan Waktu Proses Pemesinan Efektif Mesin Bubut. *Jurnal Tematis (Teknologi, Manufaktur Dan Industri)*, 5(1), 1-38. <http://toolnotes.com/home/machining/lathes-101/cutting-parameters-for-turning>
- Towijaya, T. & Prasetyo, I. (2024). Pengaruh Kecepatan Putar (RPM) Spindle dan Kedalaman Pemakanan pada Mesin Bubut Tipe KW C0636AX1000 terhadap Konsumsi Daya Listrik. *Journal of Infrastructure & Science Engineering*, 7(2), 54-59.
- Tuninetti, V., Mart, D., Narayan, S. & Menacer, B. (2024). Design Optimization of a Marine Propeller Shaft for Enhanced Fatigue Life: an Integrated Computational Approach. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(2227), 1-21.
- Vijay, L. S. & Nath, N. K. (2022). Design, Analysis and Topological Optimization of a Automobile Steering Yoke. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 11(2), 168-170. www.ijert.org
- Wijaya, R. N. (2022). Karakteristik Perambatan Retak Fatik pada Baja Paduan AISI 4140. *Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung*, 1-50.
- Yogho, M., Prakoso, W., Iis, I., Aisyah, S., Kurniawati, D. (2024). Pengaruh Variasi Travel Speed terhadap Kekuatan Tarik dan Weld Defect pada Pengelasan Material SS400 dengan Metode Pengelasan GMAW. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan IV*, 1-8.