



Pencetakan Injeksi Nylon PA66 Roda Gigi Pompa Minyak Motor 100cm³, Tahun 2004, Kapasitas 10 Biji/Jam

Ricky Ibrahim Mubarak¹, Syamsul Hadi^{2*}, Anggun Novita Sari³, Prayogi Adi Asmara⁴,
Yahya Dwiatma Wiyoga⁵

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

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

Email: rickyibrahim74@gmail.com¹, syamsul.hadi@polinema.ac.id², anggunnovita411@gmail.com³,
ppoh18273@gmail.com⁴, yahyadwiwiyoga20@gmail.com⁵

*Penulis Korespondensi: syamsul.hadi@polinema.ac.id

Abstract. The 100 cm³ motorcycle oil pump gear spare parts are no longer produced by the factory in 2004, so consumers have difficulty obtaining them as a problem faced. The purpose of printing is to obtain 100 cm³ motorcycle oil pump gear spare parts that match the original specifications. The printing method includes: 100 cm³ motorcycle oil pump gear design, 100 cm³ motorcycle oil pump gear mold design, selection of plastic material from Nylon PA66, injection of Nylon PA66 into the 100 cm³ motorcycle oil pump gear mold at a temperature of 260°C, a pressure of 80 MPa, an injection holding time of 5 seconds, a cooling duration of 25 seconds, product release from the mold, mold channel cutting and finishing, and quality and dimensional inspection. The printing results are in the form of a 100 cm³ motorcycle oil pump gear with 25 teeth, a diameter of 53 mm, a thickness of 13 mm, and a bolt hole diameter of 6 mm with a dimensional tolerance of IT8, a surface roughness of Ra 1.2 µm, a total production cost of IDR 70,000,-/unit, and a process duration of 360 seconds/unit which implies that the 100 cm³ motorcycle, year 2004 can be re-functioned or can still operate with the supply of spare parts available according to the original specifications.

Keywords: 100 Cm³ Motorcycle; 2004 Motorcycle; Nylon PA66; Oil Pump Gear; Spare Parts.

Abstrak. Suku cadang roda gigi pompa minyak motor 100 cm³ tahun 2004 sudah tidak diproduksi lagi oleh pabriknya, sehingga konsumen kesulitan memperolehnya sebagai permasalahan yang dihadapi. Tujuan pencetakan untuk memperoleh suku cadang roda gigi pompa minyak motor 100 cm³ yang sesuai dengan spesifikasi aslinya. Metode pencetakan meliputi: desain roda gigi pompa minyak motor 100 cm³, desain cetakan roda gigi pompa minyak motor 100 cm³, pemilihan bahan plastik dari Nylon PA66, injeksi Nylon PA66 ke dalam cetakan roda gigi pompa minyak motor 100 cm³ pada temperatur 260°C, tekanan 80 MPa, durasi penahanan injeksi (holding time) 5 detik, durasi pendinginan 25 detik, pelepasan produk dari cetakan, pemotongan saluran cetak dan *finishing*, dan pemeriksaan mutu dan dimensi. Hasil pencetakan berupa roda gigi pompa minyak motor 100 cm³ dengan jumlah gigi 25, diameter 53 mm, tebal 13 mm, dan diameter lubang baut 6 mm dengan toleransi dimensi IT8, kekasaran permukaan Ra 1,2 µm, total biaya produksi Rp 70.000,-/unit, dan durasi proses 360 detik/unit yang berimplikasi bahwa sepeda motor 100 cm³ tahun 2004 dapat difungsikan kembali atau tetap dapat beroperasi dengan pasokan suku cadang yang tersedia sesuai dengan spesifikasi aslinya.

Kata kunci: Nylon PA66; Motor 100 Cm³; Motor Tahun 2004; Roda Gigi Pompa Minyak; Suku Cadang.

1. LATAR BELAKANG

Industri otomotif merupakan satu di antara sektor manufaktur yang memiliki peran penting dalam mendukung mobilitas masyarakat dan pertumbuhan ekonomi. Kinerja dan keandalan kendaraan bermotor sangat dipengaruhi oleh mutu setiap komponen yang menyusunnya, karena setiap komponen memiliki fungsi spesifik yang saling berkaitan dalam menunjang operasi kendaraan secara optimal. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan kendaraan bermotor, tuntutan terhadap mutu, ketahanan, dan efisiensi komponen otomotif juga

semakin tinggi. Produk roda gigi pompa minyak yang dibuat dipakai untuk unit sepeda motor 100 cm³ yang saat ini sudah tidak diproduksi, tetapi masih banyak pengguna yang membutuhkan produk tersebut. Oleh karenanya, diperlukan aktivitas produksi kembali untuk memenuhi kebutuhan akan komponen tersebut.

Industri otomotif di Indonesia mengalami perkembangan yang sangat pesat dalam beberapa dekade terakhir. Hal tersebut ditandai dengan meningkatnya jumlah produksi kendaraan bermotor setiap tahunnya, yang berdampak langsung pada meningkatnya kebutuhan komponen pendukung untuk sistem pelumasan. Satu di antara komponen penting dalam sistem pelumasan adalah roda gigi pompa minyak (*pump oil gear*) yang berfungsi untuk mensirkulasikan pelumas ke seluruh bagian mesin agar mengurangi gesekan dan keausan (Saputra & Munandar, 2022). Sirkulasi menurun dengan semakin ausnya roda gigi.

Roda gigi pompa minyak bekerja dengan prinsip perpindahan fluida menggunakan sepasang roda gigi yang berputar. Oleh karenanya, komponen roda gigi harus memiliki ketahanan aus yang tinggi, kekuatan mekanik yang baik, dan stabil terhadap temperatur kerja. Jika mutu roda gigi tidak memenuhi standar, maka dapat menyebabkan kerusakan mesin akibat pelumasan yang parah (Sopiyan dkk., 2023). Kerusakan semakin serius jika komponen roda gigi tidak standar.

Metode manufaktur yang digunakan untuk bahan polimer adalah cetak injeksi (*injection moulding*) karena mampu menghasilkan produk dengan bentuk kompleks dan presisi tinggi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa parameter cetak injeksi sangat mempengaruhi mutu produk, baik dari segi dimensi maupun kekasaran permukaan (Verdian & Oktriadi, 2023) yang bertujuan untuk manufaktur komponen roda gigi pompa minyak berbahan Nylon PA99 menggunakan metode cetak injeksi guna menghasilkan produk dengan mutu dimensi dan kekasaran permukaan yang optimal.

2. KAJIAN TEORITIS

Pompa roda gigi (*gear pump*) merupakan instrumen krusial dalam kategori pompa perpindahan positif (*positive displacement pump*) yang memegang peranan vital pada sistem pelumasan mesin modern. Secara mekanis, prinsip kerjanya mengandalkan rotasi sepasang roda gigi di dalam kompartemen (*housing*) untuk membuat area vakum yang mampu menghisap dan memindahkan fluida melalui celah antar gigi secara konstan. Efisiensi volumetrik dan kinerja operasional roda gigi pompa sangat bergantung pada tingkat presisi dimensi dan mutu kekasaran permukaan roda gigi; sebab celah (*clearance*) yang tidak akurat dapat memicu kebocoran internal (*slippage*) yang menurunkan tekanan pelumasan (Saputra

dkk., 2023). Oleh karenanya, standarisasi proses manufaktur menjadi parameter kunci untuk menjamin durabilitas komponen dalam menghadapi beban kerja tinggi dan fluktuasi temperatur mesin.

Nylon PA66 merupakan varian *engineering plastic* unggulan yang mengintegrasikan karakteristik mekanik superior dibandingkan dengan polimer konvensional yang memiliki koefisien gesek yang rendah, sehingga menghasilkan ketahanan aus (*wear resistance*) yang baik, didukung oleh kekuatan tarik yang tinggi dan stabilitas termal yang memadai untuk berbagai aplikasi teknik dan komponen transmisi mekanis (Autay dkk., 2019) (Hadi, 2018). Sifat bahan NYLON PAA66 memiliki ketahanan terhadap gaya gesek dan ketahanan aus yang baik yang cocok diaplikasikan sebagai komponen pompa roda gigi.

Nylon PA66 merupakan varian *engineering plastic* unggulan yang mengintegrasikan karakteristik mekanik superior dibandingkan polimer konvensional. Bahan tersebut memiliki koefisien gesek yang rendah, sehingga menghasilkan ketahanan aus (*wear resistance*) yang luar biasa, didukung oleh kekuatan tarik (*tensile strength*) tinggi dan stabilitas termal yang mumpuni untuk beroperasi pada temperatur kerja ekstrem. Menurut Hadi (2018), keunggulan utama Nylon PA66 terletak pada stabilitas dimensinya yang presisi, yang memungkinkan bahan tersebut mempertahankan toleransi geometris yang ketat. Karakteristik inilah yang menjadikan Nylon PA66 sebagai kandidat bahan paling ideal untuk komponen transmisi daya presisi, untuk roda gigi pompa minyak yang menuntut akurasi tinggi dan durabilitas jangka panjang.

Bahan plastik memiliki sifat yang dapat dimodifikasi melalui penambahan bahan aditif untuk meningkatkan sifat mekanik, ketahanan panas, maupun ketahanan aus sesuai dengan kebutuhan aplikasi (Brostow dkk., 2017). Sifat bahan plastik dapat diaplikasikan sebagai bahan produk pompa roda gigi tahan gesek dan tahan panas.

Perilaku bahan polimer juga dipengaruhi oleh struktur molekul dan interaksi kimia yang terjadi didalamnya, termasuk fenomena penyerapan dan perubahan sifat akibat interaksi dengan zat tertentu yang dapat mempengaruhi karakteristik bahan secara keseluruhan (Melnikov dkk., 2023). Berdasarkan uraian tersebut, dapat dipahami bahwa sifat mekanik dan stabilitas dimensi bahan polimer tidak hanya ditentukan oleh komposisi dasarnya, tetapi juga oleh interaksi bahan dengan lingkungan operasinya. Pada aplikasi roda gigi, perubahan sifat akibat penyerapan zat tertentu untuk pelumas atau kelembapan berpotensi memengaruhi ketahanan aus, kekuatan, dan umur pakai komponen, sehingga perlu menjadi pertimbangan dalam pemilihan bahan.

Proses injeksi merupakan metode pembentukan plastik dengan cara melelehkan bahan polimer, kemudian menginjeksikannya ke dalam rongga cetakan (*mold cavity*) di bawah tekanan hingga bahan mendingin dan membentuk produk sesuai geometri yang didesain (Wilczyński dkk., 2022). Mutu roda gigi pompa minyak yang diproduksi dengan cetak injeksi sangat dipengaruhi oleh karakteristik pelelehan dan aliran bahan selama pencetakan yang tepat menghasilkan komponen dengan ketelitian dimensi dan mutu permukaan yang lebih baik, sehingga dapat meningkatkan kinerja roda gigi.

Injeksi terdiri dari beberapa tahapan, yaitu pemanasan bahan hingga meleleh (*plasticizing*), injeksi lelehan bahan ke dalam rongga cetakan (*filling*), tahap pendinginan (*cooling*), dan proses pelepasan produk dari cetakan (*ejection*) (Gaspar dkk., 2025). Prinsip kerja tersebut telah banyak digunakan dalam industri manufaktur, karena mampu menghasilkan produk dengan bentuk kompleks, tingkat akurasi tinggi, dan produktivitas yang baik untuk produksi massal.

Cetak injeksi merupakan metode pembentukan plastik dengan cara melelehkan bahan kemudian diinjeksikan ke dalam cetakan hingga membentuk produk sesuai desain. Proses tersebut terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu pemanasan bahan hingga meleleh, injeksi ke dalam cetakan (*mold*), tahap penahanan (*holding time*), tahap pendinginan, dan proses pelepasan produk dari dalam cetakan.

Parameter yang tidak tepat dapat menyebabkan cacat produk untuk *shrinkage*, *warpage*, atau *incomplete filling* (Siswanto & Sunyoto, 2018). Menurut Prawira dkk. (2023), menyatakan bahwa bila pengaturan sistem pemanas dan tekanan injeksi yang tidak optimal dapat menyebabkan distribusi bahan tidak merata dalam cetakan, sehingga mempengaruhi mutu produk akhir. Oleh karenanya, pengendalian parameter proses menjadi faktor penting dalam menjamin keseragaman mutu produk yang dihasilkan.

Selain parameter proses, mutu produk juga ditentukan oleh toleransi dimensi dan kekasaran permukaan. Toleransi yang umum digunakan untuk komponen mekanik adalah IT8 hingga IT10. Toleransi IT8 hingga IT10 banyak digunakan pada komponen mekanik karena mampu menghasilkan ketelitian yang memadai untuk menjamin fungsi komponen tanpa menyebabkan biaya manufaktur yang terlalu tinggi. Pada roda gigi, toleransi tersebut cukup untuk menjaga kesesuaian pasangan gigi, sehingga proses transmisi daya dapat berlangsung dengan baik. Sedangkan kekasaran permukaan yang baik meningkatkan efisiensi kerja roda gigi dengan mengurangi gesekan. Hal tersebut penting pada komponen roda gigi pompa minyak yang bekerja secara kontinu dan membutuhkan tingkat presisi tinggi. Penelitian Putra dkk. (2022) menunjukkan bahwa parameter proses memiliki pengaruh signifikan terhadap

kekasaran permukaan dan diperkuat oleh optimasi menggunakan metode Taguchi dan *Response Surface Methodology* (RSM) yang menunjukkan peningkatan mutu produk secara signifikan (Jamaludin, 2025). Selain hal tersebut, pendekatan menggunakan metode *general factorial design* dan visualisasi data juga terbukti efektif dalam menentukan kombinasi parameter proses yang optimal pada proses cetak injeksi (Kosasih dkk., 2023). Optimasi parameter proses menjadi langkah penting dalam meningkatkan kinerja cetak injeksi.

3. METODE PENELITIAN

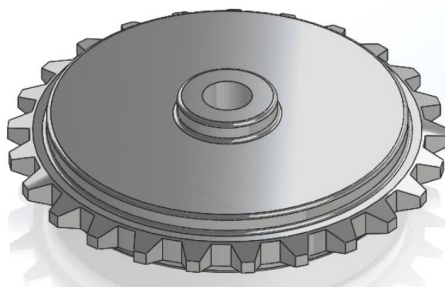
Pencetakan roda gigi pompa minyak disusun secara hierarkis, dimulai dari tahap identifikasi dan penetapan spesifikasi teknis produk guna memastikan standar fungsionalitas komponen. Tahapan dilanjutkan dengan desain cetakan yang presisi, hingga bermuara pada optimasi parameter proses cetak injeksi. Pendekatan tersebut dilakukan untuk menjamin bahwa setiap variabel manufaktur dapat dikendalikan secara terukur demi menghasilkan produk yang memenuhi toleransi dimensi dan mutu bahan yang ditargetkan. Pendekatan optimasi parameter proses tersebut didukung oleh penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pengendalian tekanan *nozzle* dan gaya *clamping* dapat meningkatkan kestabilan proses dan mutu produk hasil injeksi (Liou dkk., 2023). Temuan tersebut mengindikasikan bahwa pengaturan parameter proses injeksi yang tepat berperan penting dalam menghasilkan roda gigi pompa minyak dengan dimensi yang akurat dan mutu permukaan yang baik. Stabilitas proses yang terjaga dapat meminimalkan cacat seperti *shrinkage*, *warpage*, dan ketidaksesuaian dimensi yang berpotensi memengaruhi kinerja roda gigi pada sistem pelumasan mesin

Roda gigi pompa pelumas yang akan dibuat didesain sebagai komponen transmisi yang ringan namun tangguh dengan menggunakan bahan Nylon PA66, produk akhir direncanakan memiliki bobot yang ringan sekitar 55 g. Secara teknis, komponen tersebut didesain menggunakan profil gigi dengan modul $m = 2$ dan jumlah gigi (z) 25 buah, dengan diameter luar 52,5 mm, ketebalan 13,4 mm, dan lubang baut berdiameter sebesar 6 mm sebagaimana Tabel 1. Dengan kombinasi bahan dan parameter geometris tersebut, roda gigi tersebut diharapkan mampu meminimalkan gesekan sekaligus meningkatkan efisiensi volumetrik pada sistem pemompaan. Desain tersebut disesuaikan sepenuhnya dengan spesifikasi pompa pelumas motor 100 cm³, sehingga menjamin kompatibilitas pada motor tersebut.

Tabel 1. Spesifikasi Roda Gigi Pompa Pelumas Sepeda Motor 100 cm³.

Spesifikasi	Nilai/Keterangan
Diameter luar	52,5 mm
Jumlah gigi (z)	25 mm
Modul roda gigi	2
Tebal	13,4 mm
Diameter lubang baut	6 mm
Berat Produk	55 g
Bahan	Nylon PA66

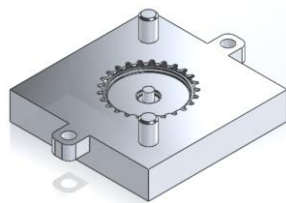
Desain tiga dimensi (3D) roda gigi pompa pelumas menggunakan bahan Nylon PA66 dengan profil modul $m = 2$ dan jumlah gigi $z = 25$ sebagaimana Gambar 1. Desain tersebut mencakup detail diameter luar, ketebalan, dan lubang dudukan baut.

**Gambar 1.** Desain Tiga Dimensi (3D) Roda Gigi Pompa Pelumas.

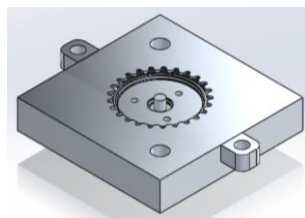
Pemilihan Aluminium 6061 didasarkan pada karakteristik konduktivitas termalnya yang tinggi, sehingga mampu mempercepat perpindahan panas dari bahan polimer ke sistem pendingin cetakan yang dapat mempersingkat waktu pendinginan (*cooling time*), meningkatkan efisiensi siklus produksi, dan membantu menjaga stabilitas dimensi produk dengan mengurangi risiko cacat untuk penyusutan (*shrinkage*) dan *warpage* pada komponen berbahan Nylon PA66 (Lucyshyn dkk., 2021). Pemilihan bahan cetakan menjadi faktor penting dalam menghasilkan produk dengan mutu dimensi yang baik dan waktu produksi yang lebih efisien.

Secara struktural, cetakan dilengkapi dengan tiang pemandu (*guide pins*) dan sistem pengunci baut untuk menjamin akurasi posisi antar pelat dan ketahanan mekanis terhadap tekanan injeksi. Sistem penyelarasan tersebut berperan penting dalam meminimalkan mold *misalignment* dan menjaga ketelitian dimensi produk hasil *injection moulding*, terutama pada komponen yang memerlukan presisi tinggi (Mahshid dkk., 2021). Temuan tersebut mengindikasikan bahwa kestabilan cetakan selama cetak plastik berpengaruh langsung terhadap ketelitian dimensi komponen yang dihasilkan untuk pembuatan roda gigi pompa minyak, penyimpangan dimensi dapat memengaruhi kesesuaian pasangan gigi (*gear meshing*) dan kinerja sistem pelumasan yang mana pengendalian deformasi cetakan dan parameter cetak plastik menjadi aspek penting untuk menghasilkan roda gigi dengan akurasi dimensi dan mutu

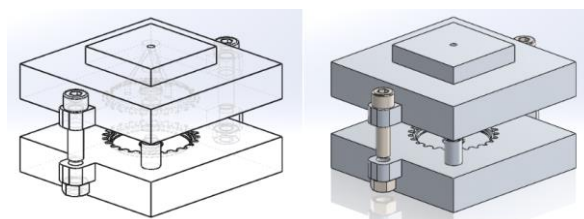
yang sesuai dengan spesifikasi desain. Desain cetakan roda gigi pompa pelumas menggunakan sistem *two-plate mold* yang terdiri dari pelat atas (*core*) dan pelat bawah (*cavity*), yang didesain secara presisi menggunakan bahan Aluminium 6061 (AL 6061) untuk mengoptimalkan proses produksi. Pemilihan AL 6061 didasarkan pada karakteristik konduktivitas termalnya yang tinggi, yang memungkinkan pelepasan panas lebih cepat untuk mempersingkat siklus pendinginan (*cooling time*) bahan Nylon PA66 dan menjaga stabilitas dimensi produk agar terhindar dari cacat penyusutan (*shrinkage*). Secara struktural, cetakan tersebut dilengkapi dengan tiang pemandu (*guide pins*) dan sistem pengunci baut untuk menjamin akurasi posisi antar pelat dan ketahanan mekanis terhadap tekanan injeksi, sehingga mampu menghasilkan profil gigi dengan modul 2 yang halus dan akurat sebagaimana Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.



Gambar 2. Design Cetakan Bawah Roda Gigi Pompa Pelumas.



Gambar 3. Design Cetakan Atas Roda Gigi Pompa Pelumas.



Gambar 4. Rakitan Cetakan Atas dan Cetakan Bawah Roda Gigi Pompa Pelumas.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pencetakan produk roda gigi pompa minyak dengan metode pres manual, waktu produksi tidak hanya ditentukan oleh proses pencetakan, tetapi juga *finishing* berupa *tapping* ulir pada lubang tengah. Oleh karenanya, waktu siklus total dapat dihitung dengan Rumus (1).

$$t_{cycle} = t_{prep} + t_{heating} + t_{press} + t_{cooling} + t_{eject} + t_{tapping} \quad (1)$$

Waktu Persiapan (t_{prep})

Meliputi: (1) Penyiapan bahan PA66, dan (2) Pemasukan bahan ke dalam cetakan

Estimasi: $t_{prep} = 10 - 20$ detik

Waktu Pemanasan ($t_{heating}$)

Untuk melunakkan bahan sebelum proses pembentukan.

Estimasi: $t_{heating} = 30 - 60$ detik

Waktu Penekanan (t_{press})

Proses pembentukan dengan press manual mengikuti bentuk cavity.

Estimasi: $t_{press} = 10 - 20$ detik

Waktu Pendinginan ($t_{cooling}$)

Dipengaruhi oleh: (1) bahan: PA66, (2) Ketebalan produk ($\pm 13,4$ mm $\rightarrow$ relatif tebal)

Karena produk cukup tebal, pendinginan lebih lama dibanding asumsi awal.

Estimasi lebih realistis: $t_{cooling} = 60 - 90$ detik

Waktu Pelepasan Produk (t_{eject})

Meliputi: (1) Pembukaan cetakan, dan (2) Pengambilan produk

Estimasi: $t_{eject} = 10 - 15$ detik

Waktu Tapping Manual ($t_{tapping}$)

Proses tambahan: (1) Posisi lubang tengah $\phi 5$ mm, dan (2) Proses pembuatan ulir menggunakan tap tangan

Tahapan: (1) Penjepitan produk, (2) Proses tapping (putar maju-mundur) , dan (3) Pelepasan.

Estimasi: $t_{tapping} = 30 - 60$ detik

Total Waktu Siklus

Minimum: $t_{cycle(min)} = 10 + 30 + 10 + 60 + 10 + 30 = 150$ detik

Maksimum: $t_{cycle(max)} = 20 + 60 + 20 + 90 + 15 + 60 = 265$ detik

Simpulan Waktu Produksi

Total waktu siklus produksi: $t_{cycle} = 150 - 265$ detik $\approx 2,5 - 4,4$ menit/produk

Kapasitas Produksi, Dalam 1 jam (3600 detik):

Kapasitas maksimum: $\frac{3600}{150} \approx 24$ produk/jam

Kapasitas minimum: $\frac{3600}{265} \approx 13$ produk/jam.

Proses meshing berfungsi membagi model menjadi elemen kecil demi menjamin presisi perhitungan numerik pada setiap bagian spesimen (Kurniawan dkk., 2023). Berdasarkan konsep tersebut, meshing pada dilakukan untuk meningkatkan ketelitian perhitungan numerik pada model yang dianalisis dengan ukuran elemen yang sesuai, distribusi tegangan, regangan, dan perpindahan dapat ditampilkan secara lebih akurat, sehingga hasil simulasi dapat digunakan sebagai dasar evaluasi kekuatan desain komponen.

Data penelitian sebagian besar diperoleh melalui simulasi numerik untuk memprediksi perilaku bahan selama proses produksi. Simulasi tersebut bertujuan memperoleh karakteristik aliran dan distribusi termal spesimen secara akurat sebelum pengujian fisik (Baharudin, 2021). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) menggunakan perangkat lunak SolidWorks dapat digunakan untuk evaluasi kekuatan dan keselamatan suatu desain sebelum manufaktur dilakukan melalui analisis tegangan, regangan, perpindahan, dan faktor keselamatan (factor of safety), potensi kegagalan struktur dapat diidentifikasi sejak tahap desain, sehingga risiko kerusakan saat pengoperasian dapat diminimalkan.

Parameter cetak injeksi sangat berpengaruh terhadap mutu produk yang dihasilkan, baik dari segi dimensi, kekasaran permukaan, maupun kekuatan mekanik. Penentuan parameter dilakukan berdasarkan karakteristik bahan Nylon PA66 dan spesifikasi produk roda gigi pompa minyak yang telah didesain sebagaimana Tabel 2. Data di dalam Tabel 2 diperoleh dari hasil simulasi solidwork.

Tabel 2. Parameter Cetak Injeksi.

No.	Parameter Injeksi	Satuan	Rentang Nilai/Keterangan
1	<i>Temperature Control</i>		
	- Cylinder/Barrel Zone 1 (Rear)	°C	260-275
	- Cylinder/Barrel Zone 2 (Center)	°C	275-285
	- Cylinder/Barrel Zone 3 (Front)	°C	285-295
	- Nozzle Temperature	°C	280-300
	- Mold Temperature	°C	70-100
2	<i>Pressure & Speed</i>		
	- Injection Pressure	Bar	80-120
	- Holding Pressure	Bar	50-70% dari <i>Injection Pressure</i>
	- Injection Speed	mm/s	40-100 (<i>Medium to High</i>)
	- Back Pressure	Bar	5-15
3	<i>Time Settings</i>		
	- Injection Time	s	2,0-5,0
	- Holding Time	s	10,0-20,0
	- Cooling Time	s	15,0-30,0
	- Cycle Time	s	Total waktu satu siklus
4	<i>Mechanical / Others</i>		
	- Screw Speed	rpm	60-100
	- Clamping Force	Ton	Disesuaikan dengan <i>projected area</i>
	- Pre-drying Temperature	°C	80°C selama 4 jam (Wajib)

Estimasi biaya dan waktu pencetakan roda gigi pompa minyak motor 100 cm³ sebagaimana Tabel 3.

Tabel 3. Estimasi Biaya dan Waktu Pencetakan Roda Gigi Pompa Minyak Sepeda Motor 100 cm³

No.	Tahapan Proses	Biaya Produksi (Rp)	Durasi Proses (Detik)
1	Desain roda gigi pompa minyak motor 100 cm ³ tahun 2004	10.000	50
2	Desain cetakan roda gigi pompa minyak motor 100 cm ³ ,	13.000	80
3	Pemilihan bahan plastik dari Nylon PA66	5.000	50
4	Injeksi Nylon PA66 ke dalam cetakan roda gigi pompa minyak motor 100 cm ³ pada temperatur 260°C, tekanan 80 MPa, durasi penahanan injeksi (<i>holding time</i>) 5 detik, durasi pendinginan 25 detik	30.000	140
5	Pelepasan produk dari cetakan, pemotongan saluran cetak dan <i>finishing</i>	2.000	10
6	Pemeriksaan mutu dan dimensi produk	10.000	30
	Jumlah	70.000	360
	Pajak 10%	7.000	
	Laba 15%	10.500	
	Total/Harga jual/unit	87,500	

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pencetakan roda gigi pompa minyak sepeda motor 100 cm³ tahun 2004 dengan jumlah gigi 25, diameter luar 53 mm, tebal 13 mm, dan diameter lubang baut 6 mm dengan toleransi dimensi IT8, kekasaran permukaan Ra 1,2 µm, total biaya produksi Rp 70.000,-/unit, dan durasi proses 360 detik/unit yang berimplikasi bahwa sepeda motor 100 cm³ tahun 2004 dapat difungsikan kembali atau tetap dapat beroperasi dengan pasokan suku cadang yang tersedia sesuai dengan spesifikasi aslinya.

Saran tindak lanjut atas simpulan adalah perlu penelitian lebih lanjut mengenai variasi parameter *holding pressure* dan *cooling time* secara lebih mendalam untuk meminimalkan potensi cacat *shrinkage* yang umum terjadi pada bahan Nylon PA66 yang bersifat higroskopis perawatan bahan, mengingat sifat Nylon PA66 yang menyerap kelembapan, proses *pre-drying* pada temperatur 80°C selama 4 jam harus dilakukan secara disiplin sebelum proses injeksi untuk mencegah penurunan mutu mekanik produk, dan pengembangan desain cetakan untuk peningkatan kapasitas produksi dengan sistem lebih dari satu rongga (*multi-cavity*), sehingga jumlah produk yang dihasilkan dalam satu siklus injeksi dapat meningkat secara signifikan.

DAFTAR REFERENSI

Autay, R., Missaoui, S., Mars, J. & Dammak, F. (2019). Mechanical and Tribological Study of Short Glass Fiber-Reinforced PA 66. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 38(16), 745-758. <https://doi.org/10.1177/0967391119853956>,

- Baharuddin, R. (2021). Perancangan dan Simulasi Struktur Rangka Overhaul Stand untuk Penggunaan Assembly dan Diassembly Hydraulic Cylinder Menggunakan Software Solidwork, *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 110-115. <https://10.22441/jtm.v10i1.10778>
- Brostow, W., Hagg Lobland, H. E., Hnatchuk, N. & Perez, J. M. (2017). Improvement of Scratch and Wear Resistance of Polymers by Fillers Including Nanofillers. *Nanomaterials*, 7(3), 1-12. <https://doi.org/10.3390/nano7030066>.
- Gaspar-Cunha, A., Melo, J., Marques, T. & Pontes, A. (2025). A Review on Injection Molding: Conformal Cooling Channels, Modelling, Surrogate Models and Multi-Objective Optimization. *Polymers*, 17(7), 1-37. <https://doi.org/10.3390/polym17070919>
- Hadi, S. (2018). *Teknologi Bahan Lanjut*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Jamaludin, A. A. B. (2025). An Integration of Taguchi Method and Response Surface Methodology (RSM) on Injection Moulded PP Gears for Parameters Optimazation. *TJI-1570 Mechanical Engineering and Machinery, Universiti Sains Malaysia*, http://eprints.usm.my/41147/1/AMIRUL_ALIFF_BIN_JAMALUDIN_24_Pages.pdf
- Kosasih, W., Salomon, L. L., Suhartono, Kartawidjaja, M. A. & Mulyadi, M. (2023). Optimazation of Injection Molding Process Parameter Settings Using 3K General Factorial Design and Data Visualization. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 11(1), 21-32. <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v11i1.23787>
- Kurniawan, R, N., Rohamadi, D. & Fitri, M., (2023). Implementasi Metode Elemen Hingga Menggunakan Solidworks untuk Mengoptimalkan Desain Pelek Depan Sepeda Motor Tipe Casting Wheel, *J. Teknik Mesin*, 12(2) 22-31. <https://doi.10.22441/jtm.v12i2.16676>
- Liou, G. Y., Su, W. J., Cheng, F. J., Chang, C. H., Tseng, R. H., Hwang, S. J., Peng, H. S. & Chu, H. Y. (2023). Optimize Injection-Molding Process Parameters and Build an Adaptive Process Control System Based on Nozzle Pressure Profile and Clamping Force. *MDPI*, 15(610), 1-29. <https://doi.org/10.3390/polym15030610>
- Lucyshyn, T., Des Enffans d'Avernas, L. V. & Holzer, C. (2021). Influence of the Mold Material on the Injection Molding Cycle Time and Warpage Depending on the Polymer Processed. *Polymers*, 13(18), 1-16. <https://doi.org/10.3390/polym13183196>
- Mahshid, R., Zhang, Y., Hansen, H. N. & Slocum, A. H. (2021). Effect of Mold Compliance on Dimensional Variations of Precision Molded Components in Multi-Cavity Injection Molding. *Journal of Manufacturing Processes*, 67, 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.04.048>
- Melnikov, Y., Kondaurov, R. & Agibayeva, L. (2023). Effect of Lanthanum Sorption on the Behavior of Rarely Crosslinked Acidic and Basic Polymer Hydrogels during. *MDPI*, 15(1420), 1-27. <https://doi.org/10.3390/polym15061420>
- Prawira, V. P., Muslimin, Silitonga, M. P. R., Mulyono, S. & Luqyana, D. (2023). Analisis Desain Prototype Mesin Injeksi Molding Manual Double Barrel Kapasitas 5TF. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin*, 13(1), 399-405. <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/sntm/article/view/1721>
- Putra, I. R., Indrawan, E. Nurdin, H. & Syahri, B. (2022). Optimasi Parameter Pemesinan terhadap Kekasaran Permukaan Baja EMS 45 pada Proses Finishing Mesin Bubut Konvensional. *Jurnal Vokasi Mekanika*, 4(2), 61-68. <https://doi.org/10.24036/vomek.v4i1.338>

- Saputra, A. A. & Munandar, M. R. (2022). Analisis Dinamik Rem Cakram (*Disc Brake*) pada Sepeda Motor. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 12(2), 83-90. <https://doi.org/10.35814/teknobiz.v12i2.3612>
- Saputra, A., Fazhari, S., Widiyanto, S., Priyana, S. P. & Rusdiyanto, R. (2023). Pengaruh variasi feeding terhadap tingkat kekasaran permukaan material baja. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 13(1), 25-32. <https://doi.org/10.35814/teknobiz.v13i1.4843>
- Siswanto, E. & Sunyoto, S. (2018). Pengaruh Parameter Pemesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut CNC. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9(3), 145-152. <https://doi.org/10.21776/jrm.v15i3.1812>
- Sopiyan, S., Syaka, D. R. B. & Iqbal, M. R. (2023). Efek Penggunaan Double dan Single Piston Caliper terhadap Waktu dan Jarak Pengereman Sepeda Motor. *Mars: Jurnal Teknik Mesin*, 8(1), 18-27. <https://doi.org/10.21009/JKEM.8.1.3>
- Verdian, M. & Oktriadi, Y. (2023). Analisis Kekasaran Permukaan Benda Kerja terhadap Pemakanan Kering dan Basah pada Material Baja AISI 1045. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 1(2), 300-305. <https://doi.org/10.33504/jitt.v1i2>
- Wilczyński, K., Wilczyński, K. J. & Buziak, K. (2022). Modeling and Experimental Studies on Polymer Melting and Flow in Injection Molding. *Polymers*, 14(10), 1-19. <https://doi.org/10.3390/polym14102106>