

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hydraulic cylinder rods merupakan komponen utama dalam sistem aktuator hidrolik yang berfungsi mengubah tekanan fluida menjadi gerak linier pada piston. Komponen ini banyak diaplikasikan pada alat berat konstruksi, permesinan industri, sistem kelautan, serta sektor pertambangan, di mana sistem hidrolik berperan dalam mengangkat, mendorong, atau menahan beban dinamis. Dalam operasinya, piston rod bekerja pada kondisi ekstrem, seperti beban siklik tinggi, kontak langsung dengan seal, serta paparan kontaminan fluida dan lingkungan korosif. Akibatnya, komponen ini rentan terhadap keausan abrasif, korosi, dan kelelahan material. Oleh karena itu, *hydraulic cylinder rods* harus memiliki kekerasan permukaan tinggi untuk menahan abrasi, serta ketahanan korosi yang baik guna menjamin ketahanan dan kestabilan sistem secara keseluruhan.

Dalam industri manufaktur, piston rod umumnya didesain memiliki kekerasan permukaan minimum HRC 50 (sekitar 515 HV) sebagai batas teknis untuk menahan gesekan dan tekanan operasional tinggi. Hal ini diperkuat oleh penelitian Yağız Akyıldız et al. (2022), yang menunjukkan bahwa proses quenching baja AISI 4140 dalam media air maupun oli menghasilkan nilai kekerasan hingga 647 HV (sekitar HRC 60–63), dengan pembentukan mikrostruktur martensitik penuh pada permukaan logam. Temuan ini menunjukkan bahwa AISI 4140 mampu memenuhi bahkan melampaui persyaratan kekerasan untuk aplikasi piston rod, bergantung pada media dan kondisi *quenching* yang digunakan (Akyildiz et al., 2022).

Sementara itu, baja karbon AISI 1045 masih banyak digunakan dalam *hydraulic cylinder rods* karena ketersediaan dan kemudahan pengerjaannya, meskipun memiliki keterbatasan sifat mekanik dan ketahanan korosi. Berdasarkan penelitian Haryadi et al. (2021), kekerasan awal AISI 1045 hanya mencapai 202,78 HV, dan setelah proses *quenching* pada suhu 900°C menggunakan air sebagai media pendingin, meningkat hingga 496,42 HV. Namun demikian, nilai tersebut masih di bawah ambang kekerasan minimal

untuk aplikasi piston rod (Haryadi et al., 2021). Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Nugroho et al. (2019) menunjukkan bahwa laju korosi baja AISI 1045 setelah quenching menggunakan air mencapai 3,084 mpy, lebih tinggi dibandingkan media pendingin lainnya, yang menunjukkan bahwa sifat korosinya juga masih perlu ditingkatkan (Nugroho et al., 2019).

Baja paduan AISI 4140 hadir sebagai alternatif unggul yang mengandung unsur paduan kromium (Cr) dan molibdenum (Mo), yang berfungsi meningkatkan kekuatan tarik, kekerasan, ketahanan aus, serta ketahanan terhadap korosi. Penelitian oleh Basori et al. (2024) menunjukkan bahwa *quenching* AISI 4140 pada suhu 850°C dengan variasi waktu tahan menghasilkan kekerasan hingga 545,5 HV pada *holding time* 90 menit, menunjukkan kapabilitas material ini dalam memenuhi tuntutan teknis piston rod secara mekanik maupun kimia (Basori et al., 2024).

Namun, perlu dicatat bahwa performa akhir baja hasil perlakuan panas sangat dipengaruhi oleh media pendingin yang digunakan selama proses *quenching*. Setiap media memiliki karakteristik laju pendinginan yang berbeda, yang memengaruhi pembentukan struktur mikro (martensit, bainit), tegangan sisa, dan ketahanan terhadap korosi (Firjatulloh & Irfa'i, 2025). Dengan demikian, pemilihan media pendingin yang tepat sangat krusial untuk mengoptimalkan sifat kekerasan dan ketahanan korosi baja AISI 4140.

Hingga saat ini, penelitian yang membahas secara langsung pengaruh variasi media pendingin terhadap sifat kekerasan dan korosi AISI 4140 dalam konteks aplikasi *hydraulic cylinder rods* masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi media quenching terhadap kekerasan, ketahanan korosi, dan struktur mikro baja AISI 4140, serta menentukan media pendingin yang paling efektif untuk aplikasi pada piston rod hidrolik.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang di jelaskan, maka dapat diidentifikasi masalah - masalah sebagai berikut:

1. *Hydraulic cylinder rods* membutuhkan material dengan kekerasan tinggi dan ketahanan korosi yang baik agar mampu bertahan pada lingkungan kerja yang ekstrem.
2. Baja AISI 4140 merupakan material alternatif yang berpotensi memenuhi kebutuhan tersebut, namun sifat mekanik dan ketahanan korosinya sangat dipengaruhi oleh perlakuan panas, khususnya pada tahap *quenching*.
3. Media pendingin yang digunakan dalam proses *quenching* memiliki karakteristik laju pendinginan yang berbeda, yang secara langsung memengaruhi pembentukan struktur mikro, kekerasan, serta laju korosi pada baja AISI 4140.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, maka penulis membatasi masalah yang akan diteliti dengan tujuan penelitian. Maka dari itu, batasan masalah ini akan berfokus pada:

1. Variasi media pendingin yaitu proses *quenching* aquadest, oli SAE 10w-40, dan 5% larutan garam.
2. Suhu yang digunakan pada proses *heat treatment* adalah 850°C dengan *holding time* 60 menit.
3. Pengujian *vickers* dengan standar ASTM E384, pengujian *weight loss* dengan standar ASTM G31 dan analisis struktur mikro dengan standar ASTM E407.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah maka rumusan masalah yang diajukan yakni:

1. Bagaimana pengaruh variasi media pendingin terhadap kekerasan material baja AISI 4140 yang diuji menggunakan metode *vickers*?

2. Bagaimana pengaruh variasi media pendingin terhadap tingkat korosi baja AISI 4140 yang diuji menggunakan metode *weight loss*?
3. Bagaimana perubahan struktur mikro pada baja AISI 4140 setelah proses heat treatment dengan media pendingin yang berbeda?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Pengaruh variasi media pendingin pada proses *heat treatment* terhadap kekerasan baja AISI 4140.
2. Pengaruh variasi media pendingin terhadap ketahanan korosi baja AISI 4140 dalam lingkungan operasional yang agresif.
3. Hubungan antara struktur mikro, kekerasan, dan ketahanan korosi baja AISI 4140 setelah perlakuan panas.
4. Menentukan media pendingin yang menghasilkan kombinasi terbaik antara nilai kekerasan tinggi dan laju korosi rendah pada baja AISI 4140.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari hasil penelitian ini terdapat manfaat teoritis dan juga manfaat praktis dijabarkan sebagai berikut:

1.6.1 Manfaat Teoritis

1. Menambah wawasan dan pengetahuan ilmiah mengenai hubungan media proses *heat treatment* dengan perubahan sifat mekanik baja AISI 4140, seperti kekuatan, kekerasan, dan keuletan.
2. Memberikan kontribusi pada pengembangan kajian mengenai pengaruh perlakuan panas khususnya metode *quenching*, terhadap laju korosi baja AISI 4140 dalam konteks ilmu material dan teknik metalurgi.
3. Memperluas referensi ilmiah untuk penelitian selanjutnya yang terkait dengan optimasi perlakuan panas pada baja paduan.

1.6.2 Manfaat Praktis

1. Memberikan panduan praktis bagi industri manufaktur, khususnya dalam pengaturan media pendingin selama proses perlakuan panas *quenching* untuk mendapatkan kekerasan yang diinginkan pada baja AISI 4140.
2. Menyediakan data eksperimental yang dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan parameter perlakuan panas yang lebih efisien dan efektif, sehingga dapat meningkatkan kualitas produk baja.
3. Membantu praktisi teknik dalam memahami dampak perlakuan panas terhadap laju korosi, sehingga dapat diterapkan untuk berbagai kebutuhan teknis.

