

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Industri otomotif di Indonesia terus menunjukkan pertumbuhan yang signifikan, seiring meningkatnya permintaan akan kendaraan bermotor yang lebih hemat bahan bakar dan ramah lingkungan. Dalam konteks ini, salah satu komponen krusial pada sistem pendinginan mesin adalah radiator, komponen ini memiliki fungsi penting untuk menjaga suhu mesin agar tetap stabil, yang merupakan syarat mutlak bagi kinerja optimal dan umur panjang mesin.

Umumnya, radiator dibuat dari bahan seperti aluminium, tembaga, atau paduan kuningan, karena material tersebut memiliki konduktivitas termal tinggi dan ketahanan terhadap korosi. Namun, penggunaan material konvensional ini seringkali mengabaikan aspek keberlanjutan lingkungan. Proses produksinya memerlukan energi yang tinggi dan berpotensi menghasilkan emisi karbon besar jika tidak dikelola dengan baik dapat mencemari lingkungan.

Oleh karena itu, adopsi material berkelanjutan seperti paduan kuningan daur ulang menjadi salah satu solusi yang menjanjikan. Namun, penggunaan material ini harus disertai dengan peningkatan efisiensi proses produksi, penanganan limbah akhir umur komponen, serta sistem daur ulang radiator yang lebih. Hal ini diperlukan guna mewujudkan keberlanjutan industri otomotif sekaligus mengurangi dampak lingkungan secara menyeluruh [1].

Paduan kuningan, yang merupakan campuran logam antara tembaga (Cu) dan seng (Zn), telah lama dikenal dalam industri otomotif sebagai material pilihan

untuk pembuatan pipa radiator. Kombinasi antara konduktivitas termal yang baik, kekuatan mekanik yang memadai, dan kemudahan dalam proses manufaktur menjadikan paduan ini ideal untuk aplikasi tersebut.

Namun, meskipun memiliki banyak keunggulan, paduan kuningan juga menghadirkan tantangan signifikan, terutama terkait dengan masalah korosi. Salah satu bentuk korosi yang paling umum terjadi pada paduan kuningan adalah dezincifikasi, yaitu proses pelarutan seng dari paduan, meninggalkan struktur tembaga yang lebih rapuh dan berpori. Fenomena ini dapat mengurangi integritas struktural pipa radiator, menyebabkan kebocoran, serta menurunkan efisiensi sistem pendinginan.

Dezincifikasi sering terjadi pada paduan kuningan dengan kandungan seng lebih dari 15%, seperti (yellow brass), yang umum digunakan untuk pipa radiator. Proses ini dipicu oleh lingkungan yang mengandung ion klorida, seperti air laut atau air yang terkontaminasi, yang dapat mempercepat pelarutan seng. Akibatnya, pipa radiator berbahan kuningan rentan mengalami kegagalan dini jika digunakan dalam kondisi tersebut.

Selain itu, penggunaan kuningan daur ulang juga menghadirkan tantangan tersendiri. Meskipun proses daur ulang logam mampu mengurangi dampak lingkungan dan biaya produksi, variasi komposisi kimia pada kuningan daur ulang sering kali lebih besar dibandingkan dengan paduan baru. Hal ini dapat mempengaruhi sifat mekanik dan termal material, serta meningkatkan risiko terjadinya dezincifikasi. Oleh karena itu, dibutuhkan kontrol kualitas yang ketat dan pemilihan sumber bahan baku yang tepat dalam proses daur ulang.

Untuk mengatasi masalah korosi pada paduan kuningan, beberapa pendekatan telah dikembangkan. Salah satunya adalah dengan menambahkan elemen pencegah korosi seperti arsenik, fosfor, atau timah. Selain itu, proses perlakuan panas juga dapat digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik paduan kuningan daur ulang, seperti kekuatan tarik dan kekerasan, tanpa mengorbankan konduktivitas termalnya. Namun, tantangan utama tetap pada bagaimana mencapai keseimbangan antara sifat mekanik dan termal yang diperlukan untuk aplikasi radiator, sambil mempertimbangkan aspek keberlanjutan lingkungan.

Salah satu solusi untuk mengatasi masalah lingkungan dan korosi adalah dengan memanfaatkan material daur ulang. Penggunaan paduan kuningan daur ulang dalam pembuatan pipa radiator dapat mengurangi ketergantungan pada sumber daya alam baru dan menurunkan jejak karbon produksi. Namun, tantangan utama adalah bagaimana meningkatkan sifat mekanik, seperti kekuatan tarik dan kekerasan, pada paduan kuningan daur ulang tanpa mengorbankan sifat termalnya [2].

Penelitian oleh Febriyanti et al. (2022) pada paduan kuningan Cu-Zn 70/30 menunjukkan bahwa proses deformasi pada suhu 400°C dengan peningkatan reduksi mampu meningkatkan kekuatan tarik hingga 478 MPa, kekuatan luluh 434 MPa, namun disertai penurunan regangan hingga 9%. Hasil ini mengindikasikan bahwa perbaikan kekuatan mekanik melalui penghalusan struktur mikro dapat berdampak pada penurunan keuletan material, yang penting dipertimbangkan dalam aplikasi pipa radiator.

Studi oleh Erwin et al. (2024) menunjukkan bahwa kuningan daur ulang yang diproses dengan metode investment casting dapat menghasilkan kekuatan

tarik hingga 225,2 MPa dan kekuatan luluh sebesar 179,8 MPa. Namun, nilai regangan yang diperoleh hanya sekitar 7,3%, jauh di bawah standar elongasi minimum yang dibutuhkan pada paduan radiator seperti CDA 230 yang umumnya memiliki regangan di atas 40%. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun paduan kuningan daur ulang berpotensi mendekati nilai kekuatan yang dibutuhkan, aspek keuletan atau regangan masih menjadi titik lemah utama yang perlu diperbaiki melalui pengendalian proses pengecoran dan komposisi awal.

Penelitian yang dilakukan oleh Li et al. (2024) terhadap paduan kuningan regenerasi dengan tambahan unsur Fe dan Mn menunjukkan bahwa dengan perlakuan proses cold drawing, paduan tersebut mampu mencapai kekuatan tarik hingga 649 MPa dan kekuatan luluh 635 MPa. Namun, nilai elongasi yang diperoleh hanya sekitar 3,5%, memperlihatkan adanya korelasi negatif antara kekuatan dan keuletan pada logam hasil proses deformasi berat. Temuan ini mendukung bahwa peningkatan kekuatan mekanik sering kali disertai dengan penurunan kemampuan deformasi plastis, yang tentu menjadi pertimbangan dalam aplikasi seperti pipa radiator yang membutuhkan kombinasi kekuatan dan kelenturan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini memiliki tujuan yang jelas dan terfokus, yaitu untuk mengembangkan paduan kuningan daur ulang yang tidak hanya memiliki sifat mekanik yang baik, khususnya dalam hal kekuatan tarik, kekuatan luluh dan regangan, tetapi juga mempertimbangkan aspek keberlanjutan dan efisiensi dalam penggunaannya.

Dengan demikian, paduan kuningan daur ulang yang dikembangkan diharapkan dapat digunakan sebagai material alternatif untuk penggunaan pipa

radiator yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga memiliki kinerja optimal dan biaya produksi yang lebih rendah. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan solusi material yang berkelanjutan dalam industri otomotif nasional serta berdampak positif terhadap ekonomi dan pelestarian lingkungan.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, beberapa permasalahan yang akan dibahas meliputi:

1. Bagaimana pengaruh proses pengecoran ulang paduan kuningan terhadap komposisi kandungan kimia unsur paduan.
2. Bagaimana pengaruh penggunaan paduan kuningan daur ulang terhadap sifat mekanik (misalnya kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan regangan) dari material pipa radiator.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari jawaban dan penyelesaian terhadap permasalahan yang telah dirumuskan, sebagai berikut.

1. Untuk menganalisis pengaruh proses pengecoran ulang paduan kuningan terhadap komposisi kandungan kimia unsur paduan.
2. Untuk menganalisis pengaruh penggunaan paduan kuningan daur ulang terhadap sifat mekanik (kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan regangan) dari material pipa radiator.

1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian ini tetap fokus dan terarah, serta untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas, maka Batasan Masalah ditetapkan sebagai berikut:

1. Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi unsur dilakukan menggunakan metode SEM-EDX dan EDX. Analisis hanya difokuskan pada unsur-unsur utama penyusun paduan kuningan, yaitu Tembaga (Cu) dan Seng (Zn), serta unsur minor seperti Timbal (Pb), Besi (Fe), dan Timah (Sn).

2. Pengujian Sifat Mekanik

Penelitian ini hanya akan mengukur kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan regangan pada paduan kuningan hasil daur ulang, tanpa mencakup uji keausan atau ketahanan terhadap korosi.

1.5. Manfaat Penelitian

Berikut manfaat penelitian untuk beberapa aspek:

1. Manfaat Akademis

- Memberikan pemahaman sifat mekanik paduan kuningan daur ulang, seperti kekuatan tarik dan kekerasan, serta pengaruh proses pengecoran ulang terhadap karakteristik material tersebut.
- Menambah referensi dalam literatur teknik mesin, khususnya yang berkaitan dengan rekayasa material dan aplikasinya dalam industri otomotif.

2. Manfaat Industri

- Memberikan informasi mengenai proses pengecoran ulang paduan kuningan daur ulang yang optimal, guna meningkatkan efisiensi produksi pipa radiator dan mengurangi biaya produksi.
- Memberikan pemahaman mengenai perbandingan sifat mekanik antara paduan kuningan daur ulang dan paduan kuningan baru, sehingga dapat menghasilkan pipa radiator dengan kualitas yang setara atau lebih baik.

3. Manfaat Lingkungan

- Mengurangi penggunaan material baru dan limbah industri melalui pemanfaatan paduan kuningan daur ulang, sehingga dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.
- Pemanfaatan paduan kuningan daur ulang mengurangi kebutuhan akan bahan baku baru, sehingga membantu konservasi sumber daya alam dan mengurangi dampak negatif dari proses penambangan.

4. Manfaat Sosial

- Implementasi teknologi daur ulang dalam industri dapat membuka peluang kerja baru, baik dalam proses daur ulang itu sendiri maupun dalam sektor-sektor terkait seperti logistik dan distribusi.
- Penelitian ini dapat menjadi sarana edukasi bagi masyarakat mengenai pentingnya penggunaan material ramah lingkungan dan praktik daur ulang, sehingga meningkatkan kesadaran kolektif terhadap isu lingkungan.

1.6. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

1.2. Rumusan Masalah

1.3. Tujuan Penelitian

1.4. Batasan Masalah

1.5. Mafaat Penelitian

1.6. Sistematika Penulisan

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Paduan Kuningan

2.2. Sifat Kimia dan Mekanik Paduan Kuningan

2.3. Manfaat Lingkungan dan Daur Ulang Kuningan

2.4. Pengecoran Logam

2.5. Hipotesis Penelitian

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

3.2. Variabel Penelitian

3.3. Bahan dan Alat

3.4. Desain Eksperimen

3.5. Langkah Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Proses Pengecoran

4.2. Hasil Uji Komposisi

4.3. Hasil Uji Kekuatan Tarik, Kekuatan Luluh, Regangan

4.4. Pembahasan

BAB V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

5.2. Saran

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

