

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

1. Pengujian komposisi kimia pada bahan baku kuningan sebelum pengecoran menunjukkan kandungan tembaga (Cu) sebesar 57–61%, timbal (Pb) 1,8–3,7%, besi (Fe) dan timah (Sn) masing-masing sekitar 0,5%, serta seng (Zn) yang dihitung sebagai residu. Setelah proses pengecoran, kandungan tembaga meningkat menjadi sekitar 68–69%, sementara seng yang sebelumnya hanya dihitung residu kini terdeteksi langsung dengan persentase sekitar 31%. Distribusi Cu dan Zn di berbagai area sampel cukup homogen dengan variasi kurang dari 1%, menunjukkan pencampuran yang merata dan minim segregasi unsur selama proses peleburan.

Peningkatan kadar tembaga dan deteksi langsung seng mengindikasikan perbaikan kemurnian paduan melalui proses daur ulang, meskipun kandungan Cu masih belum mencapai standar industri CDA 230 yang berkisar antara 84–86%. Kandungan timbal dan unsur pengotor lain cenderung menurun, yang berpotensi meningkatkan kualitas material. Namun, masih diperlukan peningkatan dalam kontrol bahan baku dan proses peleburan agar komposisi lebih mendekati standar dan dapat menjamin sifat mekanik yang optimal.

2. Dari segi sifat mekanik, hasil uji menunjukkan nilai kekuatan tarik paduan daur ulang sebesar 225,2 MPa, masih 26,14% lebih rendah dibanding standar CDA 230 yang sebesar 305 MPa. Ini berarti material belum cukup

kuat untuk aplikasi pipa radiator yang menuntut kekuatan tarik tinggi untuk menahan tekanan dan beban kerja. Kekuatan luluh mencapai 179,8 MPa, melebihi standar minimum 125 MPa sebesar 43,84%, yang menunjukkan material mampu menahan deformasi plastis awal dengan baik. Namun, nilai regangan maksimum hanya sebesar 7,32%, jauh di bawah persyaratan minimum standar sebesar 45%. Rendahnya keuletan ini mengindikasikan material daur ulang memiliki kemampuan deformasi plastis yang terbatas, sehingga rentan terhadap patah saat mengalami beban dinamis atau perubahan suhu. Kondisi ini menjadi kendala utama untuk aplikasi pipa radiator yang membutuhkan fleksibilitas dan ketahanan terhadap getaran serta tekanan termal. Secara keseluruhan, hasil uji komposisi dan mekanik menunjukkan bahwa paduan kuningan hasil daur ulang telah mengalami peningkatan kemurnian dan kekuatan luluh, tetapi masih perlu perbaikan signifikan pada kandungan tembaga, kekuatan tarik, dan terutama keuletan agar memenuhi standar CDA 230 untuk aplikasi pipa radiator. Optimalisasi proses daur ulang, pemurnian bahan baku, dan kontrol kualitas yang ketat menjadi kunci dalam meningkatkan performa material.

## **5.2. Saran**

Berisikan saran-saran terkait dengan penelitian yang sudah dilakukan sehingga diharapkan dapat menjadi acuan atau penelitian selanjutnya, contoh saran yang bisa dituliskan:

1. Perlu dilakukan pengendalian komposisi kimia melalui pemilihan bahan baku daur ulang yang lebih homogen, bersih, dan bebas dari unsur-unsur

pengotor. Pemilahan bahan baku yang tepat akan membantu menghasilkan paduan yang lebih stabil dan sesuai dengan standar komposisi CDA 230.

2. Perlu dilakukan perlakuan panas seperti homogenisasi atau annealing guna memperbaiki struktur mikro dan meningkatkan keuletan material. Perlakuan ini dapat membantu mendistribusikan unsur-unsur paduan secara merata serta memperhalus ukuran butir.
3. Berdasarkan hasil uji tarik yang menunjukkan nilai masih jauh di bawah spesifikasi standar, disarankan agar dilakukan pengembangan proses untuk meningkatkan keuletan material.
4. Adanya variasi komposisi Cu dan Zn antar area menunjukkan distribusi unsur yang belum merata. Oleh karena itu, pada penelitian lanjutan disarankan dilakukan perbaikan sistem pencampuran selama peleburan untuk mengurangi segregasi.
5. Masyarakat diharapkan mulai memahami bahwa limbah logam, seperti kuningan bekas, memiliki nilai guna tinggi jika dikelola dengan benar. Daur ulang logam tidak hanya membantu mengurangi pencemaran lingkungan, tetapi juga dapat menjadi sumber ekonomi baru.