

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pengaruh perlakuan panas *annealing*, *normalizing* dan *quenching* terhadap laju keausan erosi baja SKD11, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Perlakuan panas memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan mikrostruktur baja SKD11. Pada kondisi *As-cast*, mikrostruktur didominasi oleh matriks *γ-austenite* dengan keberadaan *eutectic carbide* dan sedikit *martensite*. Setelah dilakukan *annealing*, struktur mikro menunjukkan distribusi karbida yang lebih halus dengan pengurangan tegangan sisa, sementara *normalizing* menghasilkan butiran *austenite* yang lebih halus dan karbida yang terdistribusi lebih merata. Pada *quenching*, mikrostruktur berubah drastis menjadi *martensite* dengan kekerasan tinggi dan sangat rapat dengan karbida  $M_7C_3$  dan  $M_{23}C_6$  yang lebih stabil, sehingga memberikan peningkatan sifat keras namun dengan konsekuensi sifat getas yang lebih dominan.
2. Nilai kekerasan baja SKD11 sangat dipengaruhi oleh jenis perlakuan panas yang diberikan. Pada Kondisi *As-Cast* nilai kekerasa sebesar 250,625 HV. *Annealing* menurunkan kekerasan menjadi 231,3 HV karena proses ini melembutkan struktur material. *Normalizing* meningkatkan kekerasan hingga 504,2 HV akibat terbentuknya struktur mikro yang lebih halus dan merata. Perlakuan *quenching* menghasilkan kekerasan tertinggi sebesar 622,6 HV karena terbentuknya *martensite* yang sangat keras dan juga memiliki struktur krsital sangat rapat. Dengan demikian, *quenching* dapat dikatakan sebagai perlakuan yang paling efektif dalam meningkatkan kekerasan, meskipun berdampak pada meningkatnya kerapuhan material.
3. Hasil pengujian laju erosi baja SKD11 menunjukkan bahwa perlakuan panas memengaruhi ketahanan erosi material. Pada kondisi *as-cast*, laju erosi menunjukkan nilai tertinggi sebesar  $44,8 \times 10^{-3}$  cm<sup>3</sup>/kg, sedangkan perlakuan *annealing* menurunkannya menjadi  $39,5 \times 10^{-3}$  cm<sup>3</sup>/kg akibat homogenisasi mikrostruktur. Perlakuan *normalizing* menyebabkan laju erosi meningkat

kembali menjadi  $42,1 \times 10^{-3}$  cm<sup>3</sup>/kg karena terbentuknya *martensite* dan *secondary carbide* yang belum terdistribusi merata. Nilai terendah diperoleh pada perlakuan *quenching*, yaitu  $33 \times 10^{-3}$  cm<sup>3</sup>/kg, yang ditunjang oleh terbentuknya *martensite* dominan dan *secondary carbide* halus, sehingga *quenching* dapat dinyatakan sebagai perlakuan panas paling optimal dalam meningkatkan ketahanan erosi baja SKD11.

4. Mekanisme keausan yang terjadi pada baja SKD11 *as-cast* dan setelah diberi perlakuan panas didominasi oleh *micro cutting*, terutama pada sudut tumbukan rendah 30°. Fenomena ini sejalan dengan teori Finnie (1960) yang menyatakan bahwa pada sudut tumbukan rendah (sekitar 15°–30°), mekanisme keausan abrasif lebih cenderung berupa pemotongan mikro dibandingkan deformasi plastis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada spesimen *as-cast*, *annealing* dan *normalizing*, alur *micro cutting* terbentuk lebih jelas karena nilai kekerasan relatif rendah sehingga material lebih mudah tererosi. Sedangkan pada spesimen hasil *quenching*, meskipun deformasi plastis (*indentation*) lebih sedikit, alur *micro cutting* yang muncul lebih acak dan dalam, menandakan sifat getas yang dominan pada kondisi tersebut.

## 5.2 Saran

Berdasarkan temuan hasil penelitian serta keterbatasan yang ditemukan selama proses pengujian dan analisis, berikut beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk penelitian maupun dalam pengembangan metode pengujian yang lebih efektif:

1. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa karbida, khususnya M<sub>7</sub>C<sub>3</sub>, tetap stabil meskipun telah melalui perlakuan panas. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan mengeksplorasi kombinasi perlakuan panas dengan perlakuan permukaan (*surface treatment*) seperti *nitriding* atau *coating* dapat diteliti untuk meningkatkan ketahanan aus tanpa mengorbankan ketangguhan.
2. Sebagai pelengkap pengamatan morfologi menggunakan SEM, pengukuran kekasaran permukaan (*surface roughness*) sebelum dan sesudah pengujian erosi, sehingga diperoleh data kuantitatif tambahan yang dapat memperkuat analisis dan memperjelas interpretasi mekanisme keausan.

3. Perlakuan panas *quenching* terbukti menghasilkan kekerasan tertinggi, namun sifat getas yang muncul perlu diminimalkan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkombinasikan *quenching* dengan proses *tempering* agar diperoleh material dengan kekerasan tinggi tetapi tetap memiliki ketangguhan yang memadai.
4. Untuk memperdalam pemahaman mengenai mekanisme keausan, penelitian selanjutnya disarankan melakukan variasi sudut tumbukan serta kondisi beban yang berbeda, seperti kecepatan aliran partikel (*impact velocity*), tekanan *nozzle*, maupun variasi ukuran dan bentuk *erodent* untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai perilaku aus baja SKD11 pada berbagai kondisi operasional.