

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis karakterisasi keausan erosi baja skd11 setelah proses *quenching* dan *tempering* dengan variasi sudut tumbukan 30°, 60°, dan 90°, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Mikrostruktur baja SKD11 pada kondisi *as-cast* masih didominasi oleh matriks *austenite* dengan *eutectic carbide* yang tersebar di dalam matriks dengan nilai kekerasan sebesar 250,625 HV. Setelah diberi perlakuan *quenching*, struktur matriks berubah menjadi *martensite* yang sangat keras dengan nilai kekerasan mencapai 622,625 HV, meskipun sifatnya cenderung getas. Proses *quenching* yang dilanjutkan dengan *tempering* pada suhu 350–400°C menghasilkan *martensite temper* dengan presipitasi karbida sekunder halus yang terdistribusi merata. Kondisi ini mampu meningkatkan ketangguhan material tanpa menurunkan kekerasan secara signifikan, di mana nilai kekerasan maksimum diperoleh pada suhu *tempering* 400°C sebesar 605,225 HV. Namun demikian, apabila tempering dilakukan pada suhu di atas 400°C, terjadi fenomena *over-tempering* yang ditandai dengan pertumbuhan karbida kasar sehingga nilai kekerasan menurun secara signifikan.
2. Perlakuan panas *quenching* dan *quenching tempering* secara signifikan meningkatkan ketahanan erosi dibandingkan kondisi *as-cast*. Spesimen *as-cast* memiliki laju erosi tertinggi akibat mikrostruktur yang didominasi matriks austenit dan *eutectic carbide* berukuran besar dan kasar, sedangkan spesimen hasil *quenching* menunjukkan ketahanan terbaik karena terbentuknya martensit yang keras dan rapat dengan karbida primer M_7C_3 dan $M_{23}C_6$ yang lebih stabil. Pada spesimen *quenching tempering*, terbentuk *secondary carbide* lebih halus yang terdistribusi merata dalam matriks martensit, memberikan keseimbangan antara kekerasan dan ketangguhan. Peningkatan kekerasan yang diperoleh dari perlakuan panas berbanding terbalik dengan laju erosi, di mana material yang lebih keras lebih tahan terhadap deformasi plastis dan pengikisan akibat

tumbukan partikel abrasif. Selain itu, laju erosi tertinggi terjadi pada sudut tumbukan 30° dan menurun pada sudut yang lebih besar.

3. Mekanisme keausan erosi baja SKD11 setelah perlakuan *quenching tempering* dipengaruhi oleh variasi sudut tumbukan partikel abrasif. Pada sudut rendah (30°), mekanisme dominan berupa *micro cutting* yang membentuk alur memanjang pada permukaan spesimen akibat gesekan partikel, dan pada seluruh kondisi perlakuan panas (as-cast, quenching, maupun quenching-tempering) mekanisme utama tetap *micro cutting*, hanya tingkat keparahannya yang berbeda sesuai sifat mekanik material. Pada sudut menengah (60°) terjadi kombinasi antara *micro cutting* dan *indentation*, di mana partikel abrasif juga menekan dan menimbulkan deformasi plastis berupa cekungan. Sedangkan, pada sudut tinggi (90°) lebih didominasi oleh *indentation* dan pemotongan acak dengan intensitas tinggi, sehingga menghasilkan permukaan yang lebih kasar dan tidak rata. Secara keseluruhan, pola ini sejalan dengan teori Finnie (1960) yang menyatakan bahwa *cutting* mendominasi pada sudut rendah, serta teori Bitter (1962) yang menegaskan bahwa pada sudut tinggi keausan lebih dipengaruhi oleh *indentation*.

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. Disarankan penelitian selanjutnya mengkaji perlakuan panas alternatif seperti *austempering*, atau melakukan modifikasi komposisi kimia melalui penambahan unsur paduan tertentu. Dengan cara ini, sifat ketangguhan, ketahanan aus, maupun ketahanan erosi material dapat ditingkatkan, sehingga material lebih sesuai digunakan pada aplikasi industri berat dengan risiko aus dan erosi yang tinggi.
2. Pengamatan metalografi pada penelitian selanjutnya disarankan dilakukan dengan menggunakan variasi larutan etsa yang berbeda, karena setiap jenis larutan etsa dapat memberikan tingkat kontras yang khas pada fasa tertentu.

Dengan cara ini, batas butir, matriks, karbida eutektik, dan karbida sekunder akan tampak lebih jelas dan dapat dipisahkan dengan lebih baik, sehingga interpretasi mengenai distribusi dan morfologi karbida dalam baja SKD11 menjadi lebih akurat.

3. Pengujian erosi pada penelitian ini masih terbatas pada metode *sand blasting*, sehingga disarankan penelitian berikutnya menggunakan media *erodent* dengan variasi ukuran partikel, kecepatan, dan lingkungan (misalnya suhu tinggi atau media korosif) untuk memperoleh gambaran lebih komprehensif.
4. Selain pengamatan morfologi permukaan dengan SEM, disarankan dilakukan pengukuran kekasaran permukaan (*surface roughness*) sebelum dan sesudah pengujian erosi, guna memperoleh data kuantitatif tambahan yang dapat memperkuat analisis mekanisme keausan secara lebih tepat.