

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja tahan karat martensitik karbon tinggi (*Martensitic Stainless Steel/MSS*) AISI 440C adalah jenis baja kromium yang tidak mengandung nikel. Material ini dikenal memiliki kekuatan dan kekerasan mekanik yang tinggi, serta ketahanan aus yang sangat baik, meskipun memiliki ketahanan korosi yang sedang akibat tingginya kandungan karbon (sekitar 1,1% berat). Berkat sifat-sifat tersebut, AISI 440C banyak digunakan dalam berbagai aplikasi teknik, termasuk katup, turbin, impeler pompa, peralatan makan, bilah industri, cetakan dan *dies*, serta instrumen bedah (Pan et al., 2020). Beberapa aplikasi kritis, komponen berbahan AISI 440C sering kali berperan sebagai elemen bergerak yang bekerja dalam kondisi kecepatan tinggi dan beban berat. Kondisi tersebut dapat menyebabkan permukaan material rentan terhadap gesekan kering kegagalan akibat keausan. Namun demikian, penerapan AISI 440C dalam komponen yang mengalami penyambungan las juga menghadirkan tantangan tersendiri.

Proses penyambungan ini kerap menimbulkan pembentukan struktur temper di zona las, serta retakan dingin akibat tegangan termal dan residu. Hal ini secara langsung berdampak negatif terhadap kapasitas kerja dan masa pakai komponen, karena retakan dan kerusakan dini cenderung terjadi pada daerah permukaan las (Gochev, 2018). Integritas permukaan pada sambungan las menjadi faktor penting dalam menjaga keandalan dan durabilitas komponen, terutama ketika menghadapi beban dinamis dan gesekan yang terjadi secara berulang. Proses pemotongan atau pemesinan yang melibatkan panas tinggi juga dapat memperburuk kondisi permukaan, karena sifat termalnya berpotensi menyebabkan retakan permukaan (Rangasamy et al., 2022). Oleh karena itu, peningkatan kualitas permukaan zona las dan perlindungan terhadap retak akibat beban berulang menjadi fokus penting dalam pengembangan material AISI 440C untuk aplikasi teknik yang berat. Peningkatan daya tahan terhadap beban dan keausan tersebut, modifikasi pada permukaan material seperti *surface treatment* dapat dilakukan. Proses ini menimbulkan deformasi plastik intensif, yang kemudian mengaktifkan mekanisme penguatan batas butir dan pembentukan dislokasi, sehingga menghasilkan struktur mikro berukuran nanokristalin dengan sifat mekanik yang lebih unggul. Menurut Peñuela-Cruz et al., (2023) salah satu metode *surface treatment* yang banyak diminati yaitu *sandblasting*.

Sandblasting adalah proses penembakan media abrasif yang didorong oleh tekanan tinggi untuk memodifikasi, membersihkan, atau menghaluskan permukaan material. Proses

ini umumnya dilakukan dengan udara terkompresi dan bertujuan menghilangkan kontaminan seperti karat, kerak, minyak, dan cat. *Sandblasting* juga sering digunakan sebagai persiapan permukaan sebelum pengecatan, *bonding* atau pelapisan lainnya, serta meningkatkan kekuatan dan karakteristik permukaan material (Zaroog et al., 2018). Menurut Peñuela-Cruz et al., (2023) Banyak metode telah digunakan untuk modifikasi permukaan namun, *sandblasting* telah mendapatkan minat yang meningkat karena merupakan teknik yang mudah dan berbiaya rendah, memungkinkan untuk memodifikasi sifat permukaan karena deformasi plastis lapisan bawah permukaan. Perlakuan pra-pengerasan terutama dapat diaplikasikan dengan *sandblasting* untuk memodifikasi mikrostruktur dan meningkatkan kekerasan atas dan bawah permukaan, menghasilkan peningkatan ketahanan keausan awal dan deformasi untuk memperpanjang masa pakai penggunaan. *Sandblasting* telah diusulkan, yang dapat menghasilkan kedalaman lapisan struktur nano tertentu di permukaan material. Nanokristalisasi permukaan mudah terbentuk, bersama dengan pengerasan permukaan dan pengenalan tegangan sisa tekan. Menurut model *Clasic Archard*, laju keausan secara langsung berhubungan dengan kekerasannya. *Several Plastic Deformation* (SPD) dianggap sebagai metode yang efektif untuk meningkatkan kekerasan logam dengan menyempurnakan butiran menjadi ukuran sangat halus (100 nm-1000 nm) atau berukuran nano (<100 nm), sehingga meningkatkan ketahanan aus. Menurut rumus *Classic Hall-Petch*, semakin halus butiran yang diperoleh, semakin tinggi kekerasannya (Zhang et al., 2021).

Penelitian sebelumnya yaitu Peñuela-Cruz et al., (2023) tentang efek *sandblasting* terhadap sifat permukaan magnesium menghasilkan kondisi eksperimental yang sama, peningkatan kekerasannya adalah 98,1 HV, yang 36,7% lebih tinggi dari kekerasan untuk sampel yang tidak di *sandblasting* (72,01 HV). Xu et al., (2023) juga meneliti efek *sandblasting* pada performa permukaan hasil pengelasan titanium TA1, setelah di *sandblasting* Kekerasan maksimum *welding zone* meningkat dari sekitar 200 HV menjadi sekitar 250 HV. Secara umum, kekerasan mikro dari setiap area las meningkat sampai batas tertentu, sekitar 45 HV, menunjukkan bahwa *sandblasting* permukaan secara efektif meningkatkan kekerasan permukaan. Penelitian Li et al., (2020) tentang peningkatan ketahanan aus oleh *sandblasting* pada material *stainless steel* menghasilkan bahwa, Setelah uji keausan dapat diketahui kehilangan berat sampel yang tidak di *sandblasting* jauh lebih tinggi dari pada sampel yang di *sandblasting*, mencapai di atas 0,06 g. Sedangkan penurunan berat sampel yang di *sandblasting* menurun secara drastis, mencapai minimum 0,0059 g. Penelitian juga dilakukan oleh Peng et al., (2016) tentang peningkatan ketahanan aus dan

kekerasan baja 1090 yang disiapkan menggunakan teknik *sandblasting*. Hasilnya nilai laju keausan yang di peroleh dari sampel yang di *sandblasting* lebih rendah sekitar 0,0004 mm³/m dari sampel yang tidak diolah yaitu sekitar 0,0016 mm³/m seiring meningkatnya penerapan beban uji. Kekerasan permukaan sampel yang di *sandblasting* adalah sekitar 5,2 GPa, yang lebih besar dari sampel yang tidak diolah (yaitu kekerasan matriks, 3,3 GPa). Penelitian diatas menjelaskan proses *sandblasting* memberikan dampak deformasi plastis yang dapat menghasilkan rekristalisasi dinamis seperti yang diamati pada bahan logam lainnya, yang mampu menghasilkan lapisan bawah permukaan yang halus dengan butiran yang dikristalisasi ulang (pengurangan ukuran butir dan perubahan bentuk) dengan parameter proses *sandblasting* tertentu. Menurut L. Wang & Li, (2003) banyak kasus, kegagalan benda kerja dapat dimulai di permukaan, seperti keausan. Oleh karena itu, efektif dan ekonomis untuk memodifikasi permukaan komponen guna meningkatkan kinerja dan memperpanjang masa pakai. Nanokristalisasi permukaan telah menarik minat yang semakin meningkat.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh proses *sandblasting* terhadap ketahanan aus (*wear resistance*) dan struktur makro lapisan bawah permukaan *weld zone* pada sambungan las AISI 440C *stainless steel* menggunakan variasi parameter jarak dan tekanan. Menurut (Peñuela-Cruz et al., 2023) kedua parameter tersebut memiliki pengaruh yang signifikan namun, tekanan merupakan kunci faktor utama untuk memodifikasi sifat permukaan. Proses *sandblasting* memperkenalkan tegangan tekan di lapisan permukaan lasan, oleh karena itu beban atau gaya yang bekerja pada sampel membutuhkan lebih banyak siklus sebelum retakan dimulai dan menyebar, dimana menurut pengetahuan penulis terbaik belum dipelajari sejauh ini.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana pengaruh tekanan & jarak *sandblasting* terhadap ketahanan aus (*wear resistance*) lapisan bawah permukaan *weld zone* pada sambungan las AISI 440C *stainless steel*?
- 2) Bagaimana pengaruh proses *sandblasting* terhadap ukuran butir struktur mikro lapisan bawah permukaan *weld zone* pada sambungan las AISI 440C *stainless steel*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui pengaruh tekanan & jarak *sandblasting* terhadap ketahanan aus (*wear resistance*) lapisan bawah permukaan *weld zone* pada sambungan las AISI 440C *stainless steel*.
- 2) Mengetahui pengaruh proses *sandblasting* terhadap ukuran butir struktur mikro lapisan bawah permukaan *weld zone* pada sambungan las AISI 440C *stainless steel*.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian perlu dibatasi dengan beberapa batasan masalah untuk mengendalikan hasil penelitian. Berikut merupakan batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan.

- 1) Ukuran butiran media abrasif dianggap seragam.
- 2) Waktu penembakan dianggap konstan.
- 3) Tekanan udara *sandblasting* dianggap seragam sesuai variasi level yang digunakan.
- 4) Jangkauan *sandblasting* hanya pada permukaan las/*weld zone*.
- 5) Ketebalan permukaan hasil pengelasan pada material dianggap seragam atau sama rata pada semua sampel.
- 6) Laju partikel abrasif saat penyemprotan kecepatannya dianggap homogen.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi pada penyusunan proposal skripsi sebagai berikut.

1) BAB I PENDAHULUAN

Bab pertama pendahuluan menjelaskan latar belakang penelitian mengenai perlakuan permukaan untuk peningkatan kualitas permukaan zona las dan perlindungan terhadap retak akibat beban berulang menjadi fokus penting dalam pengembangan material AISI 440C untuk aplikasi teknik yang berat. Pada bab ini juga dijelaskan rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, asumsi penelitian, serta sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan skripsi.

2) BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab kedua berisi landasan teori mencakup disiplin ilmu dan teori dasar tambahan yang terkait dengan penelitian ini, meliputi karakteristik material AISI 440C, *surface treatment* yaitu metode *sandblasting*, hubungan kekerasan dengan keausan pada logam, pengujian keausan *oghosi* serta metode analisis statistik *Two Way ANOVA*. Selain itu, bab ini juga memuat penelitian terdahulu dan kebaruan (*novelty*) penelitian sebagai pembeda dengan penelitian sebelumnya.

3) **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ketiga metode penelitian menjelaskan proses *sandblasting* terhadap ketahanan aus (*wear resistance*) lapisan bawah permukaan *weld zone* pada sambungan las AISI 440C *stainless steel* dengan variasi tekanan 4, 5, 6 bar dan jarak 5,10, 15 cm. Langkah-langkah dijelaskan secara berurutan pada bab ini mencakup variabel penelitian, tahapan penelitian, alat dan bahan penelitian, pembuatan spesimen, proses elektroplating, pengujian keausan oghosi, pengamatan makrostruktur, rancangan percobaan, lokasi penelitian, serta metode pengolahan dan analisis data menggunakan uji ANOVA dua arah.

4) **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab keempat berisi hasil penelitian dan analisis data yang diperoleh dari pengujian spesimen hasil penelitian sandblasting terhadap lapisan bawah permukaan *weld zone* pada sambungan las AISI 440C *stainless steel*. Hasil penelitian meliputi data keausan, hasil pengamatan makrostruktur, serta analisis statistik menggunakan *Two Way ANOVA* untuk mengetahui pengaruh signifikan tekanan dan jarak *sandblasting* terhadap ketahanan aus. Pada bab ini juga dibahas pengaruh *sandblasting* terhadap karakteristik makrostruktur serta hubungan antara kondisi makrostruktur dengan nilai keausan yang diperoleh.

5) **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab kelima berisi kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian, analisis data, dan pembahasan mengenai pengaruh tekanan dan jarak *sandblasting* terhadap ketahanan aus pada sambungan las AISI 440C *stainless steel*. Selain itu, bab ini juga memuat saran yang dapat digunakan sebagai rekomendasi untuk pengembangan penelitian selanjutnya terkait perlakuan permukaan untuk meningkatkan kekuatan permukaan sambungan las.