BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja adalah jenis logam yang memainkan peran penting dalam industri modern, terutama di bidang konstruksi, otomotif, dan pembuatan mesin. Dalam aplikasi, baja karbon rendah seperti ST 37 sering dipilih karena proses pembentuk yang lebih mudah, kemampuan untuk pengelasan, serta biaya produksinya yang cukup terjangkau. Namun, kelemahan utama dari baja karbon rendah terletak pada karakteristik mekani permukaannya yang kurang baik, terutama dalam hal kekerasan dan tahan terhadap aus, yang menyebabkan usia pakai menjadi lebih pendek (Syamsuir dkk., 2022). Hal ini mendorong usaha untuk meningkatjan kualitas permukaan baja tanpa mengorbankan daya tahan bagial dalamnya. Salah satu metode yang sering digunakan untuk mencapai tujuan ini adalah perlakuan panas difusi, seperti karburisasi, nitridasi, atau karbinitridasi.(Fauzan dkk., 2023a)

Proses karburisasi, terutama dengan teknik *pack carburizing*, telah lama dikenak sebagai metode yang efisien untuk meningkatkan kekerasan permukaan baja karbon rendah. Prinsip dasar dari metode ini adalah memperkaya lapisan permukaan baja dengan atom karbon melalui proses difusi pada suhu tinggi di bawah lingkungan solid yang mengandung elemen karbon. Salah satu keunggulan utama dari proses ini adalah kemampuan untuk untuk menciptakan lapisan permukaan yang keras dengan inti yang tetap fleksibel, sehingga sangat cocok untuk komponen yang membutuhkan ketahanan aus yang tinggi. Namun kualitas dari karburisasi sangat ditentukan beberapa parameter proses seperti suhu, jenis

media karbon, durasi proses *(holding time),* dan pendinginan (*quenching*) (Fauzan dkk., 2023a). Oleh karena itu, pengendalian masing masing parameter tersebut menjadi faktor krusil untuk mencapai hasil yang optimal terkait dengan kekerasan, daya tahan terhadap aus, struktur mikro.

Dalam rangka mempertahankan keberlanjutan industri dan mrnangani masalah lingkungan, tuntutan akan sumber karbon alternatif yang lebih ramah lingkungan semakin meningkat. Salah satu pilihan yang menarik perhatian para peneliti adalah pemanfaatan bio massa atau limbah dari pertanian, seperti sekam padi, sebagai media karbon dalam prosedu pack carbirising. Indonesi, yang merupakan nnegara dengan pertania yang luas, menghasilkan limbah sekam padi dalam jumlah yang besar setiap tahun(Putri dkk., 2022a). menurut data dari badan pusat statistik (BPS, 2025), luas area area panen padi pada bula januari 2025 adaladh 0,42 juta hekter dengan hasi sekitar 2,16 juta ton gabah kering giling (GKG). Dari tota tersebut, sekita 20%-30% di antaranya adalah sekam yang memiliki protein untuk diginakan sebagai bahan bakar ayau arang aktif. Potensi yang besai ini sekam padi sebagai sumber karbon yang terjangkau, ramah limgkungan, dan mudah diperoleh.

Penggunaan arang sekam padi dalam proses pack carburizing memberikan dua manfaat, yaitu meningkatkan nilai tabah limbah pertanian sekaligus mengurangi ketergantungan pada energo fosil dan bahan kimia sintesis. Arang srkam padi mengandung karbon dalam bentuk amorf, serta silika (SiO2), yang bisa bertindak sebagai katalis untuk difusi karbon ke permukaan logam. Kandungan kerbon yang tinggi dan keberadaannya yang melimpah menjadikannya media

karburisasi yang sangat efisien. Penelitian juga menunjukkan bahwa arang sekam padi memiliki kemampuan karbonisasi yang bersaing dengan arang dari tempurung kelapa atau kayu keras (Nurharyanto dkk., 2019). oleh karena itu, penelitian penggunaan arang sekam padi sebagai media karborisasi untuk baja dengan karbon rendah menjadi sangat penting untuk mendukung produksi berkelanjutan.

Namun, keberhasilan dalam proses karburisasi tidak hanya bergantung pada jenis media karbon yang digunakan, tetapi juga pada durasi waktu tahan selama proses tersebut. Memiliki waktu tahan yang tepat akan memungkinkan difusi atom karbon ke dalam permukaan baja secara maksimal, yang menghasilkan lapisan kaya karbon dengan tingkat kekerasan yang tinggi. Jika waktu tahan terlalu singkat, penyebaran karbon tidak merata dan lapisan permukaan menjadi tipis. Sebaliknya, jika waktu tahan terlalu lama, bisa terjadi pertumbuhan butir besar yang memperlemah kekuatan dan ketahanan material. oleh karena itu, memiliki *holding time* yang ideal sangat penting untuk mencapai keseimbangan antara kekerasan dan ketahanan aus pada baja yang telah mengalami karburisasi.

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengeksplorasi dampak variasi media *carburizing* terhadap tingkat kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah dalam proses *pack carburizing*. Metode *pack carburizing* umum digunaka untuk memperbaiki sifat mekanik baja yang memerlukan permukaan keras namun tetap memiliki ketangguhan di bagian dalam. Dalam penelitian ini, media caburizing yang digunaka adalah arang sekam padi dan arang tempurung kelapa dengan proporsi berat 80% untuk arang dan 20% untuk bahan kimia aktif (BaCO3). Proses carburizing dalam penelitian ini berlangsung pada suhu 980 ºC dengan waktu

penahanan selam 1, 2, dan 3, jam untuk media arang sekam padi, serta waktu penahanan 2 jam untuk media arang tempurung kelapa. Temuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa arang tempurung kelapa lebih efisien sebagai media *carburizing* dibanding dengan arang sekam padi. Untuk sekam padi waktu penahanan 3 jam, nilai kekerasan yang diperolah adalah 570HV dengan kedalaman pengerasan mencapai 0.13 mm. olehkarena itu, jika menggunakan media arang sekam padi dalam proses *pack carburizing*, waktu yang diperlukan harus lebih dari 3 jam (Nurharyanto dkk., 2019b). Namun bamyak dari peneliti tersebut belum menyelidiki hubungan antara waktu tahan dengan tingkat keausan dan berubahan mikrostruktur secara menyeluruh, utama pada baja ST 37.

Baja ST 37 banyak diaplikasikan untuk komponen yang menghadapi beban gesek, seperti poros, roda gigi, dan rumah bantalan, sehingga peningkata daya tahan ausnya sangat krusial. Masalah utama yang muncul adalah sifat keausan baja ST 37 yang tergolong tinggi, membuat umur komponen menjadi lebih singkat dalam kondisi beban berat. Proses perlakuan *pack carburizing* dengan variasi waktu yang diharapkan dapat bembentuk lapisan permukaan yang lebih keras sertya lebih tahan terhadap aus melalui peningkatan kadar karbon pada permukaan baja (Sebayang, 2021). Namun, hingga saat ini belum ada data yang komprehensif mengenai pengaruh variasi waktu terhadap laju keausan dam mikrostruktur baja ST 37 yang menggunaka media arang sekam padi. Hal ini menciptakan kesenjangan pengetahuan yang memerlukan penelitian lebih lanjut.

Selain kerusakan, perubahan struktur mikro akibat perbedaan waktu tahan juga menjadi hal yang penting dalam proses karbirisasi. Lapisan yang dihasiklan

dari karburisasi biasanya terdiri dari *fase martensit, perlit,* dan *sementit,* yang sifatnya tergantung pada kadar karbon dan laju pendinginan. Perbedaan waktu tahan dapat memengaruhi ketebalan lapisan karburisasi serta distribusi karbon di area transisi antara permukaan dan inti baja. Semakin panjang waktu tahan yang digunakan, semakin tebal lapisan *carburizing* yang dihasilkan, namun resiko timbul butir kasar juga meningkat(Hartanto dkk., 2020a). Pentingnya nalisis mikroskopik diperlukan untuk mengetahui bebtuk dan distribusi fase-fase tersebut serta hubunganna dengan ketahanan aus baja yang telah diperlukan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Karim dkk., 2022) menunjukkan bahwa penggunaan sekam padi sebagai media karburisasi untuk baja AISI 1020 dapat meningkatkan ketebalan lapisan karbon sebesar 0,8 mm pada suhu 900 °C. Temuan ini menegaskan potensi besar sekam padi sebagai sumber karbon dalam proses karburisasi. Namun, studi ini belum secara mendetail mengeksplorasi dampak dari variasi waktu tahan. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk mengevaluasi bagaimana perubahan waktu tahan mempengaruhi difusi karbon, pembentukan lapisan karburisasi, serta performa ketahanan aus baja ST 37 yang lebih relevan dengan kondisi industri di Indonesia.

Dari sudut pandang lingkungan dan ekonomi, pemanfaatan arang sekam padi juga memberikan manfaat yang signifikan. Indonesia memproduksi sekitar 15 juta ton sekam padi setiap tahunnya, yang sebagian besar masih belum dimanfaatkan secara maksimal (Putri dkk., 2022b). Dengan mengolahnya menjadi media karbon aktif, limbah ini dapat berkontribusi pada pengurangan emisi karbon serta meningkatkan nilai ekonomi di sektor pertanian. Selain itu, penerapan teknologi

karburisasi berbasis biomass juga mendukung agenda peralihan ke energi bersih serta ekonomi sirkular yang sedang didorong oleh pemerintah. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya bernilai ilmiah tetapi juga strategis dalam konteks pembangunan yang berkelanjutan.

Keterbatasan dari studi sebelumnya juga tampak dalam kurangnya analisis mengenai hubungan langsung antara ketahanan aus dan *morfologi mikrostruktur* hasil karburisasi dengan menggunakan media sekam padi. Mayoritas penelitian yang telah dilakukan sebelumnya hanya berfokus pada pengukuran tingkat kekerasan tanpa memperhatikan pola keausan atau struktur mikro secara mendalam.(Darmo dkk., 2021) Namun, struktur mikro yang terbentuk sangat berpengaruh pada perilaku gesek dan keausan material.

Dalam merancang penelitian dengan variasi waktu tahan 30, 60, 90, 120, dan 150 menit, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih jelas tentang pengaruhnya terhadap sifat mekanik baja ST 37. Parameter ini akan dikaitkan dengan data keausan dan pengamatan mikrostruktur dari uji metalografi. Analisis kuantitatif tersebut akan membantu dalam menentukan waktu tahan optimal yang menghasilkan lapisan karburisasi paling efektif untuk meningkatkan ketahanan aus.(Oyetunji & Adeosun, 2012) Pendekatan ini juga akan memperkuat validitas ilmiah dari hasil penelitian dan memberikan dasar empiris yang solid untuk penerapan di dunia industri.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari enelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi *holding time* terhadap laju keausan baja ST 37 proses *pack carburizing* dengan arang sekam padi (*Rice Husk Charcoal*)?
2. Bagaimana pengaruh variasi *holding time* terhadap perubahan struktur mikro baja ST 37 proses *pack carburizing* dengan arang sekam padi *(Rice Husk Charcoal)*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi *holding time* terhadap laju keausan baja ST 37 proses *pack carburizing* dengan arang sekam padi (*Rice Husk Charcoal*)
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi holding time terhadap perubahan struktur mikro baja ST 37 proses *pach carburizing* dengan arang sekam padi *(Rice Husk Charcoal)*

1.4 Batasan Masalah

1. Arang yang digunakaa adalah arang sekam padi (*Rice Husk Charcoal*)
2. Persentase Arang (90%ASP+10%NaCOs)
3. Temperatur *Carburizing,* 850°C
4. Holding time 30, 60, 90, 120, 150 menit
5. Media Pendingin air
6. Ukuran Butir mesh 30

7. Pangujian Mekanik: keausan dan struktur mikro
8. Aktivator: NaCO3

1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini akan meningkatkan pengetahuan tentang teknik material, terutama tentang bagaimana karakteristik tribologi dan struktur mikro baja karbon rendah memengaruhi lamanya waktu penahanan dalam proses *pack carburizing*. Studi ini dapat mengembangkan model teoritis yang jelas hubungan antara waktu penahanan, difusi karbon, dan pembentukan fase karbida di permukaan baja selama proses *carburizing.* Hasilnya juga dapat menambah referensi tentang penggunaan material karbon alternatif yang berasal dari biomassa, seperti arang sekam padi, untuk meningkatkan sifat mekanik baja.(Negara dkk., 2015) Akibatnya, penelitian ini tidak hanya menambah pengetahuan ilmiah, tetapi juga dapat berfungsi sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut tentang material yang ramah lingkungan.

penelitian ini memberikan manfaat bagi berbagai pihak, antara lain:

1. Masyarakat

penelitian ini memberikan wawasan tentang penggunaan limbah pertanian seperti sekam padi sebagai bahan bernilai guna tinggi serta meningkatkan pengetahuan mengenai penguatan material yang digunakan dalam kebutuhan sehari-hari.

2. Industri

penelitian ini menawarkan acuan praktis untuk meningkatkan kualitas dan ketahanan aus baja ST37 melalui proses karburisasi yang lebih efisien, ekonomis, dan mudah diterapkan pada produksi komponen teknik.

3. Akademisi

penelitian ini menjadi referensi ilmiah yang memperkaya pengetahuan mengenai penerapan biomassa sebagai media perlakuan panas pada material. Studi ini menyajikan data eksperimen terkait hubungan antara variasi waktu penahanan *(holding time)*, perubahan struktur mikro baja ST 37, serta performa ketahanan aus permukaannya.

Diharapkan, penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata baik dalam aspek teoretis maupun praktis: secara teoretis dengan memperdalam pemahaman tentang mekanisme difusi karbon saat proses *carburizing* menggunakan bahan alami, dan secara praktis dengan menghasilkan parameter proses yang efisien dan berkelanjutan untuk meningkatkan kualitas baja ST 37. Penelitian ini diharapkan menjadi landasan bagi pengembangan teknologi material hijau yang kompetitif di industri manufaktur nasional.