

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Baja merupakan material yang banyak digunakan dalam berbagai industri, mulai dari otomotif hingga konstruksi, karena sifatnya yang kuat dan tahan lama. Salah satu baja yang sering digunakan dalam industri yaitu baja ST 41. Baja ST 41 adalah baja yang memiliki kadar karbon 0,11-0,17%, karena kadar karbonnya kurang dari 0,30% maka baja ini termasuk golongan baja karbon rendah dan mempunyai regangan sebesar 24-36%. Makna dari penamaan ST41 sendiri adalah dari ST memiliki arti baja (Strength), angka 41 dalam baja ini menunjukkan bahwa minimum ketangguhan putus-tarik adalah 41 kg/mm<sup>2</sup>. Ketangguhan tarik juga dibatasi keatas yaitu umumnya ST41  $\leq$  50 kg/mm<sup>2</sup> (Purnomo, 2022). Baja ST 41 adalah salah satu baja yang dihasilkan untuk pembuatan berbagai komponen permesinan (Abdullah, 2019).

Salah satu metode yang umum digunakan untuk meningkatkan kekerasan permukaan baja adalah proses carburizing, yaitu proses perlakuan panas yang meningkatkan kandungan karbon pada permukaan baja. Namun, untuk mencapai kekerasan yang optimal, proses carburizing harus diikuti dengan quenching, yaitu pendinginan cepat yang bertujuan untuk mengubah struktur mikro baja menjadi martensit, yang memiliki kekerasan tinggi.

Quenching umumnya dilakukan menggunakan media seperti air, minyak, atau larutan garam. Namun, penggunaan media quenching yang ramah lingkungan dan murah semakin diminati, salah satunya adalah arang batok kelapa. Arang batok kelapa merupakan bahan alami yang murah dan memiliki kemampuan sebagai media penghantar panas yang baik, sehingga dapat menjadi alternatif media quenching yang efektif dan efisien.

Demi mencukupi keperluan masyarakat akan produksi perkakas, komponen otomotif, alat-alat pertanian, serta kebutuhan rumah tangga. Dibutuhkan Sifat-sifat logam yang terdiri dari sifat mekanik (kekerasan, keuletan, kekakuan, dan kekuatan), sifat thermal (penghantar panas), dan sifat fisik (massa jenis, dapat diukur, dan mudah dibentuk) (Fauzan dkk, 2021). Komponen yang dibutuhkan dalam industri

permesinan maupun otomotif beberapa ada yang membutuhkan permukaan logam yang keras dan tahan aus dengan inti material lunak. Dimana baja yang dikeraskan secara konvensional dapat menghasilkan permukaan yang keras dan tahan aus namun mempunyai kelemahan getas (kurang ulet). Untuk memperbaiki sifat pada baja ST 41 maka diperlukan perlakuan panas dengan cara pengerasan permukaan (Usman dan Ariyanto, 2019).

Perlakuan panas adalah proses di mana pemanasan baja dilakukan sampai suhu dan waktu tertentu kemudian diikuti dengan pendinginan dengan cara tertentu untuk memperoleh sifat-sifat yang diinginkan. Perlakuan panas secara garis besar meliputi *hardening* (pengerasan baja), *annealing* (melunakkan baja), *normalizing* (menormalkan struktur baja), *tempering* (pemudaan baja yang telah dikeraskan) (Pambudi, 2019). Oleh karena itu dilakukanlah proses *carburizing* untuk mendapatkan material yang mempunyai tingkat kekerasan permukaan yang keras dan tahan aus namun inti material tetap lunak (ulet) (Abdullah, 2019).

Penambahan karbon pada baja dilakukan salahsatunya melalui *pack carburizing*. Proses *pack carburizing* didefinisikan sebagai proses pelapisan permukaan baja dengan karbon padat di dalam kotak tertutup rapat, diikuti dengan pemanasan diatas temperatur kritis (Abdullah, 2019). *Pack carburizing* merupakan proses penambahan karbon dengan cara memanaskan bahan sampai temperatur tertentu dalam lingkungan tertutup dengan melakukan penahanan pada temperatur yang ditentukan dalam beberapa waktu dan selanjutnya didinginkan (Firdaus, 2020). *Pack carburizing* adalah metode karburasi yang paling sederhana dibanding metode cair dan gas, karena dapat dilakukan dengan peralatan yang sederhana. Pada metode ini, komponen ditempatkan dalam kotak berisi media karburasi yang saat pemanasan pada suhu austenisasi (842–9530C) akan mengeluarkan gas CO<sub>2</sub> dan CO. Pembentukan karbon monoksida ditingkatkan oleh *energizer* atau katalis, seperti barium karbonat (BaCO<sub>3</sub>), kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>), kalium karbonat (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), dan natrium karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), yang terjadi pada proses karburasi (Kurnia, 2022).

Pada proses *pack carburizing*, jumlah karbon yang dapat didifusikan ke permukaan baja karbon rendah sangat bergantung pada kadar karbon yang terdapat dalam media karburasi, sesuai hukum Fick's. Hukum pertama Fick's

menyatakan bahwa difusi dari sebuah elemen dalam suatu bahan substrat merupakan fungsi koefisien difusi dan gradien konsentrasi. Koefisien difusi bergantung pada jenis bahan substrat, khususnya pada jenis atomnya. Gradien konsentrasi adalah jumlah atom/molekul yang terdapat disekitar substrat dibandingkan dengan jumlahatom/molekul yang terdapat di dalam substrat. Oleh sebab itu, jumlah atom karbon dalam media karburasi juga merupakan variabel pada sebuah proses karburising (Firdaus, 2020). Pemilihan *pack carburizing* dapat dilakukan karena merupakan metode karburisasi paling sederhana dengan menggunakan serbuk arang aktif sebagai penambah unsur karbon melalui proses perlakuan panas yang mengakibatkan terjadi pelarutan karbon pada permukaan baja antara 0,3%-0,9% diatas temperatur *austenit*. Pemilihan arang sebagai unsur karbon dapat menggunakan arang tempurung kelapa dan arang bambu melalui metode *pack carburizing* karna arang tempurung kelapa memiliki kelebihan pada ketersediaan bahan baku yang lebih mudah didapatkan namun, hasil pembakarannya lebih lama sehingga belum memiliki daya serap yang optimal. Sedangkan pada arang bambu lebih mudah terurai menjadi karbon aktif, sehingga mampu berdifusi lebih cepat ke permukaan baja, yang berakibat pada nilai kekerasan semakin tinggi (Ramadhan dan Sunyoto, 2022).

Arang aktif merupakan arang yang diproses sedemikian rupa sehingga mempunyai daya serap/absorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap. Arang aktif dapat dibuat dari bahan yang mengandung karbon baik organik maupun anorganik (Abdullah, 2019). Cangkang kelapa sawit (*palm kernel shell*) sering juga disebut tempurung sawit adalah bagian keras yang terbiasa pada buah kelapa sawit yang berfungsi melindungi isi atau kernel dari buah sawit tersebut, hampir seperti tempurung kelapa yang sering kita jumpai. Tempurung ini bisa dimanfaatkan sebagai bahan untuk membuat arang aktif. Komposisi cangkang kelapa sawit terdiri dari selulosa 32,53%, hemiselulosa 31,70%, kadar lignin pada tanaman ini adalah 20,09%, lemak 5,03% dan protein 4,45% (Zumarakhman, 2019).

Tempurung kelapa memiliki sifat difusi termal yang baik dibandingkan dengan bahan lain seperti kayu sehingga menjadikannya memiliki peluang besar sebagai bahan pengganti. Penggunaan arang tempurung kelapa telah lama

dilakukan dan telah menjadi bahan kajian lanjut untuk penelitian. Komposisi kimia tempurung kelapa itu sendiri terdiri dari 74,3% C, 21,9% O, 0,2% Si, 1,4% K, 0,5% S, 1,7% P menjadikannya berpeluang sebagai bahan bakar dan sumber karbon aktif. Untuk memahami sifat dan karakteristik tempurung kelapa yang sesuai sebagai bahan bakar maka perlu dipahami mengenai sifat fisik dan kimianya seperti bahan campuran (*moisture*), kerapatan, struktur, morfologi dan termal. Perubahan tempurung kelapa menjadi arang dilakukan melalui proses pirolisis (pemanasan). Pada proses pirolisis unsur-unsur bukan karbon seperti hidrogen (H) dan oksigen (O) akan hilang menyisakan sebanyak mungkin karbon (C) dalam bahan. Karena itu proses ini juga disebut karbonisasi (Bledzki, 2010; Purnomo, 2022).

Pada umumnya proses karburisasi diikuti dengan perlakuan pendinginan cepat (*quenching*) untuk meningkatkan kekerasannya sehingga permukaan logam menjadi lebih tahan aus (Satria dkk, 2019). *Quenching* adalah salah satu proses perlakuan panas baja dengan cara pemanasan pada suhu tertentu berkisar bergantung pada kandungan karbon yang dimiliki oleh baja itu sendiri, kemudian setelah mencapai suhu maksimal yang ditentukan ditahan selama beberapa saat, lalu di dinginkan secara mendadak dengan media pendingin seperti air, oli, air garam, minyak maupun pendingin lainnya. *Quenching* itu sendiri merupakan suatu bagian dari proses *hardening*. *Quenching* dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi dan kekuatan yang lebih baik. Kekerasan yang dihasilkan juga tergantung pada kandungan karbon dan kekeerasan yang terjadi tergantung pada *temperature* pemanasan, *holding time*, laju pendinginan yang dilakukan dan ketebalan sampel. Untuk memperoleh kekerasan yang baik (*martensit* yang keras) maka pada saat pemanasan harus dapat dicapai struktur austenit, karena hanya austenit yang dapat bertransformasi menjadi *martensit* (Prabowo, 2019).

Kekerasan maksimum dapat terjadi dengan mendinginkan secara mendadak sampel yang telah dipanaskan sehingga mengakibatkan perubahan struktur mikro. Laju *quenching* tergantung pada beberapa faktor yaitu temperatur medium, panas spesifik, panas pada penguapan, *konduktivitas* termal medium, *viskositas*, dan *agritasi* (aliran media pendingin). Kecepatan pendinginan dengan

air lebih besar dibandingkan pendinginan dengan oli. Pendinginan dengan udara memiliki kecepatan yang paling kecil. Media pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antar lain air, minyak, udara, dan air garam (Abdullah, 2019). Lamanya waktu pemanasan dan proses kecepatan pendinginan (*quenching*) dengan media air dapat menyebabkan kekerasan baja karbon meningkat. Begitu juga dengan suhu pemanasan 850°C dan 900°C dengan media *quenching* air dimana sumber karbon yang digunakan adalah arang kayu dengan media pendingin air mampu meningkatkan nilai kekerasan baja karbon rendah dan menengah (Nugraha dkk, 2024).

Pada umumnya kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan merupakan ukuran ketahanan logam terhadap deformasi plastik atau deformasi permanen (Abdullah, 2019). Kekerasan merupakan salah satu sifat mekanik yang dimiliki oleh logam atau baja. Kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan) (Pambudi, 2019). Pengujian kekerasan dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan bahan atau logam terhadap deformasi yaitu deformasi tekan atau indentasi. Pada umumnya pengujian kekerasan bertujuan untuk mengukur tahanan dari bahan atau logam terhadap deformasi plastis. Prinsip pengukurannya adalah dengan memberi gaya tekan melalui sebuah indenter pada permukaan bahan atau logam. Kemudian luas atau dimensi atau diameter dari jejak penekanan/indentasi diukur (Fridaus, 2020). Salahsatu uji kekerasan yang dapat dilakukan yaitu melalui uji kekerasan *Brinell*. Cara pengujian *brinell* dilakukan dengan penekanan sebuah bola baja yang terbuat dari baja krom yang telah dikeraskan dengan diameter tertentu oleh suatu gaya tekan secara statis kedalam permukaan logam yang diuji tanpa sentakan. Permukaan logam yang diuji harus rata dan bersih (Abdullah, 2019). Metode uji kekerasan yang diajukan oleh J.A. Brinell pada tahun 1900 ini merupakan uji kekerasan lekukan yang pertama kali banyak digunakan serta disusun pembakuannya. Uji kekerasan ini berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam memakai bola baja yang dikeraskan yang ditekan dengan beban tertentu. Beban diterapkan selama waktu tertentu, biasanya 30 detik, dan diameter lekukan diukur dengan mikroskop, setelah beban tersebut dihilangkan. Permukaan yang akan dibuat lekukan harus relatif halus, rata dan bersih dari debu atau kerak.

Angka kekerasan brinell (BHN) dinyatakan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diameter jejak. Jejak penekanan yang relatif besar pada uji kekerasan *brinell* memberikan keuntungan dalam membagikan secara pukul rata ketidak seragaman lokal. Selain itu, uji *brinell* tidak begitu dipengaruhi oleh goresan dan kekasaran permukaan dibandingkan uji kekerasan yang lain. Di sisi lain, jejak penekanan yang besar ukurannya, dapat menghalangi pemakaian uji ini untuk benda uji yang kecil atau tipis, atau pada bagian yang kritis terhadap tegangan sehingga lekukan yang terjadi dapat menyebabkan kegagalan (*failure*) (Kurnia, 2022).

Beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini pernah dilakukan oleh Sakura dkk (2017) menyebutkan bahwa proses *carburizing*, merupakan proses pengerasan permukaan dengan penambahan unsur karbon pada permukaan material. Proses *carburizing* pada baja JIS G-3123 dilakukan dengan metode *pack carburizing* dengan variasi berat karbon aktif 125 gram, 250 gram, dan 400 gram dengan waktu tahan selama 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi yaitu 463,550 kg/mm<sup>2</sup> dengan berat karbon aktif 400 gram dan waktu tahan 30 menit. Semakin tinggi berat karbon aktif pada proses *carburizing*, maka nilai kekerasan material akan semakin tinggi pula, dengan waktu tahan yang paling rendah.

Penelitian yang dilakukan Usman dan Ariyanto (2019) menyebutkan bahwa penelitian bertujuan untuk mendapatkan nilai kekersan yang lebih optimal pada baja ST 41 setelah proses *carburizing* dengan memvariasikan waktu *quenching* selama 20 menit, 40 menit, dan 60 menit dengan suhu 860°C dan waktu penahanan selama 60 menit pada proses *carburizing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan *raw material* sebesar 186,9 Hbmeningkat setelah mengalami proses *carburizing* dengan hasilnya pada variasi waktu *quenching*. Nilai rata-rata kekerasan naik secara signifikan setelah proses *quenching* dengan variasi wajtu 60 menit sebesar 264 HB atau mengalami kenaikan sebesar 41%. Pada waktu *quenching* 20 menit nilai kekerasan mengalami kenaikan sebesar 14% dab pada waktu variasi waktu 40 menit nilai rata-rata kekerasan mengalami kenaikan 25%. Artinya semakin lama waktu *quenching* maka nilai kekerasan akan semakin tinggi.

Penelitian yang dilakukan Mufarrih dkk (2022) menyebutkan bahwa ada pengaruh yang signifikan variasi *holding time* terhadap kekerasan dan kedalaman difusi. Peningkatan *holding time* akan meningkatkan kekerasan dan kedalaman difusi. Peningkatan kekerasan baja maksimum dicapai pada *holding time* 60 menit dengan peningkatan sebesar 56,1% dibandingkan tanpa dilakukan *holding time*.

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas dan hasil penelitian sebelumnya membuat peneliti tertarik untuk meneliti lebih lanjut dengan judul penelitian yang akan diajukan yaitu sebagai berikut : **“ANALISIS PENGARUH QUENCHING DENGAN MEDIA ARANG BATOK KELAPA PADA PROSES CARBURIZING TERHADAP PENINGKATAN KEKERASAN BAJA ST 41”**

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian kasus pada latar belakang di atas, maka permasalahan yang dapat diidentifikasi yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana nilai kekerasan baja ST 41 sebelum dilakukan proses *carburizing* menggunakan media arang batok kelapa?
2. Bagaimana pengaruh waktu penahanan *quenching* 20 menit pada proses *carburizing* menggunakan media arang batok kelapa terhadap nilai kekerasan baja ST 41?
3. Bagaimana pengaruh waktu penahanan *quenching* 40 menit pada proses *carburizing* menggunakan media arang batok kelapa terhadap nilai kekerasan baja ST 41?
4. Bagaimana pengaruh waktu penahanan *quenching* 60 menit pada proses *carburizing* menggunakan media arang batok kelapa terhadap nilai kekerasan baja ST 41?

### **1.3 Batasan Masalah**

Pembatasan masalah dalam penelitian ini bertujuan agar penelitian tetap pada tujuannya. Adapun batasan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Proses *carburizing*, dengan metode *pack carburizing* (media padat).
2. Spesimen uji adalah baja ST 41 (baja karbon rendah).

3. Media *carburizing* adalah arang batok kelapa.
4. Media pendingin (*quenching*) menggunakan Air.
5. Proses *carburizing* dengan menggunakan tungku listrik.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

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

1. Untuk mengetahui nilai kekerasan baja ST 41 sebelum dilakukan proses *carburizing* menggunakan media arang batok kelapa.
2. Untuk mengetahui pengaruh waktu penahanan *quenching* 20 menit pada proses *carburizing* menggunakan media arang batok kelapa terhadap nilai kekerasan baja ST 41.
3. Untuk mengetahui pengaruh waktu penahanan *quenching* 40 menit pada proses *carburizing* menggunakan media arang batok kelapa terhadap nilai kekerasan baja ST 41.
4. Untuk mengetahui pengaruh waktu penahanan *quenching* 60 menit pada proses *carburizing* menggunakan media arang batok kelapa terhadap nilai kekerasan baja ST 41.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, penulis berharap bahwa penelitian ini akan memberikan manfaat bagi semua pihak berkepentingan. Adapun manfaat dari penelitian diantaranya :

##### 1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan bagi perkembangan ilmu pengetahuan pada umumnya bidang teknik mesin, serta dapat dijadikan sebagai referensi bagi pengembangan dan pengkajian konsep tentang bagaimana pengaruh waktu penahanan *quenching* pada proses *carburizing* menggunakan media arang batok kelapa terhadap nilai kekerasan baja ST 41. Penelitian ini juga diharapkan bermanfaat untuk penelitian selanjutnya yang terkait dengan topik-topik dalam penelitian ini baik yang bersifat lanjutan, melengkapi, maupun menyempurnakan.

## 2. Manfaat Praktis

### a. Bagi Peneliti

Menambah wawasan dan pengetahuan bagi peneliti dalam memahami bagaimana cara menganalisis dan memecahkan masalah melalui teori yang didapatkan dalam bangku kuliah dengan fakta dilapangan terkait dengan bagaimana pengaruh waktu penahanan *quenching* pada proses *carburizing* menggunakan media arang batok kelapa terhadap nilai kekerasan baja ST 41. Selain itu penelitian dibuat untuk memenuhi salah satu syarat dalam menempuh ujian tugas akhir (Skripsi) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sangga Buana (YPKP).

### b. Bagi Pihak Lain

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi dan referensi dalam penelitian selanjutnya khususnya mengenai pengaruh waktu penahanan *quenching* pada proses *carburizing* menggunakan media arang batok kelapa terhadap nilai kekerasan baja ST 41.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran umum dari keseluruhan penelitian ini, maka kami membuat dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

### 1. BAB I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

### 2. BAB II Landasan Teori

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori pendukung yang berkaitan dengan judul penelitian, serta penelitian terdahulu.

### 3. BAB III Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan jenis dan metode penelitian, diagram alur penelitian, metode pengumpulan data, alat dan bahan yang digunakan, tahapan proses pengujian, serta analisis data.

### 4. BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini menjelaskan tentang hasil dari penelitian, serta pembahasan hasil dari penelitian.

## 5. BAB V Penutup

Dalam bagian ini akan dibahas penjelasan atau kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian.

