



**Studi Variasi *Temperature Heat Treatment* Terhadap Sifat  
Mekanik Pada Proses *Carburizing* Baja ST 37 Untuk Pembuatan  
*Holder Pahat CNC* Dengan Media Arang Tulang Sapi**

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Rangka Memenuhi Penyusunan Studi

Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Mesin

Oleh :

**GALIH CATUR FEBRIAN**

**NPM. 6417500006**

**FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER**

**UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL**

**2024**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : Studi Variasi *Temperature Heat Treatment* Terhadap Sifat  
Mekanik Pada Proses *Carburizing* Baja ST 37 Untuk Pembuatan  
*Holder* Pahat CNC Dengan Media Arang Tulang Sapi

Nama Penulis : Galih Catur Febrian

Npm : 6417500006

Disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk Diujikan dihadapan dosen penguji  
Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 31 JULI 2024

Pembimbing I

31/7/2024



Rusnoto, S.T., M.Eng.  
NIPY. 14054121974

Pembimbing II 31/7/2024



Galuh Renggani Wilis, S.T., MT.  
NIPY. 16262561981

## HALAMAN PENGESAHAN

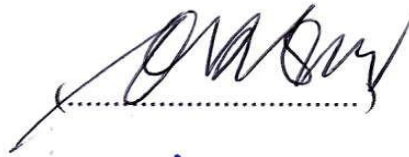
Telah dipertahankan dihadapan sidang Dewan Penguji Skripsi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.

Pada hari :

Tanggal :

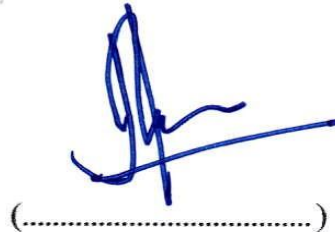
Ketua Sidang

(Ahmad Farid, S.T.,M.T.)  
NIPY. 191511101978



Penguji Utama

(Hadi Wibowo, S.T.,M.T.)  
NIPY. 20651641971



Penguji I

(Rusnoto, S.T., M.Eng.)  
NIPY. 14054121974



Penguji II

(Galuh Renggani Wilis, ST.,MT.)  
NIPY. 16262561981



(Hadi Wibowo, ST. MT.)  
NIPY. 126518101972



## PERNYATAAN ORIGINAL

Dengan ini, saya menyatakan bahwa Laporan skripsi saya yang berjudul: “Studi Variasi *Temperature Heat Treatment* Terhadap Sifat Mekanik Pada Proses *Carburizing* Baja ST 37 Untuk Pembuatan *Holder* Pahat CNC Dengan Media Arang Tulang Sapi” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri.

Dalam penelitian laporan skripsi ini saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara tidak sesuai dengan etika yang berlaku dalam masyarakat keilmuan sebagaimana mestinya.

Demikian pernyataan ini untuk dapat dijadikan pedoman bagi yang berkepentingan dan saya siap menanggung resiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila pada kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran atas etika keilmuan dalam karya tulis ini, atau adanya klaim terhadap keaslian karya tulis ini.

Tegal, 15 Juli 2024



Galih Catur Febrian  
NPM. 6417500006

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO :**

1. Entah sehangat, semewah apapun orang-orang disekitarmu, hidupmu tetap tak terwakili.
2. Anggaplah setiap perbuatan sebagai perbuatan terakhirmu, setiap shalat mungkin ialah sujud terakhirmu. Karena mungkin kau tidak punya kesempatan lagi. (-Ibnu Arabi-)
3. Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kemampuannya (-QS Al-Baqarah:286-)

### **PERSEMBAHAN :**

1. Skripsi ini saya persembahkan sepenuhnya kepada kedua orang saya, (Alm) Abah dan Umi serta keluarga saya. Terimakasih atas segala pengorbanan, nasihat dan doa yang terbaik untuk anak laki-laki satu-satunya ini.
2. Teruntuk diri sendiri terimakasih yang tidak pernah putus asa, tidak menyerah dan tetap semangat dari kesulitan apapun dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Untuk Aulia Meiliani Putri, S.Ak. yang telah membantu dalam segala hal dari awal sampai menyelesaikan skripsi ini.
4. Dan untuk teman – teman satu perjuangan yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

## ABSTRAK

Galih Catur Febrian, 2024 “Studi Variasi *Temperature Heat Treatment* Terhadap Sifat Mekanik Pada Proses *Carburizing* Baja ST 37 Untuk Pembuatan *Holder* Pahat CNC Dengan Media Arang Tulang Sapi” Laporan Skripsi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal 2024.

Proses carburizing didefinisikan sebagai suatu proses penambahan kandungan karbon pada permukaan baja untuk mendapatkan sifat baja yang lebih keras pada permukaannya. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa pada material baja karbon ST-37 yang sebelumnya dilakukan uji komposisi kimia untuk mengetahui kandungan karbonnya. Penelitian ini menggunakan perbandingan suhu pada proses perlakuan panas (*heat treatment*) yaitu pada suhu 850°C, 870°C, 890°C dan raw material, dengan air sebagai media pendinginnya, dan waktu (*holding time*) tetap 45 menit. Pada penelitian ini saya menggunakan arang tulang sapi sebagai media untuk pack carburizing.

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini dengan menggunakan metode eksperimen yang digunakan untuk mencari sebab akibat atau faktor- faktor yang dapat dihasilkan peneliti dengan melakukan tambahan atau mengurangi faktor yang mempengaruhi hasil dari pengujian. penambahan unsur karbon dari tulang sapi, dengan variasi suhu 850°C, 870°C, 890°C dan raw material, dengan waktu penahanan 45 menit dan di dinginkan secara cepat menggunakan pendingin air. Kemudian dilakukan pengujian meliputi uji bending, uji impak dan struktur mikro dari spesimen.

Hasil uji bending pada Raw Material baja ST 37 memperoleh rata - rata 705.70 MPa, pada spesimen dengan variasi suhu 850°C memperoleh hasil rata-rata 788,71 MPa, pada spesimen dengan variasi suhu 870°C memperoleh hasil rata-rata 808,42 MPa, dan pada spesimen dengan variasi suhu 890°C memperoleh hasil rata-rata 992,90 MPa. Hasil uji impack pada Raw Material baja ST 37 memperoleh rata - rata 3,325 J/mm<sup>2</sup>, pada variasi suhu 850°C memperoleh hasil rata-rata 0,403 J/mm<sup>2</sup>, pada variasi suhu 870°C memperoleh hasil rata-rata 0,743 J/mm<sup>2</sup>, dan pada variasi suhu 890°C memperoleh hasil rata-rata 0,760 J/mm<sup>2</sup>. Hasil Dari pengamatan foto struktur mikro pada material awal terdapat struktur ferrite yang lebih banyak di bandingkan dengan foto struktur mikro setelah perlakuan (*carburizing*). Sebaliknya jumlah pearlite setelah perlakuan (*carburizing*) menjadi lebih banyak dibandingkan material sebelumnya.

kata kunci : Arang Tulang Sapi, *Carburizing*.

## ***ABSTRACT***

Galih Catur Febrian, 2024 "Study of Heat Treatment Temperature Variations on Mechanical Properties in the ST 37 Steel Carburizing Process for Making CNC Chisel Holders Using Beef Bone Charcoal Media" Mechanical Engineering Thesis Report, Faculty of Engineering and Computer Science, Pancasakti University, Tegal, 2024.

The carburizing process is defined as a process of adding carbon content to the surface of steel to obtain harder steel properties on the surface. In this research, an analysis will be carried out on ST-37 carbon steel material, which was previously tested for chemical composition to determine the carbon content. This research uses temperature comparisons in the heat treatment process, namely at temperatures of 850°C, 870°C, 890°C and raw material, with water as the cooling medium, and the holding time remains 45 minutes. In this research I used beef bone charcoal as a medium for pack carburizing.

The method used in this research uses an experimental method which is used to look for causes and effects or factors that researchers can produce by adding or subtracting factors that influence the results of the test. the addition of carbon elements from beef bones, with temperature variations of 850°C, 870°C, 890°C and raw material, with a holding time of 45 minutes and cooled quickly using a water cooler. Then tests were carried out including bending tests, impact tests and microstructure of the specimens.

The bending test results on ST 37 Steel Raw Material obtained an average of 705.70 MPa, the specimen with a temperature variation of 850°C obtained an average result of 788.71 MPa, the specimen with a temperature variation of 870°C obtained an average result of 808.42. MPa, and the specimen with a temperature variation of 890°C obtained an average result of 992.90 MPa. The impact test results on ST 37 Steel Raw Material obtained an average of 3.325 J/mm<sup>2</sup>, at a temperature variation of 850°C obtained an average result 0.403 J/mm<sup>2</sup>, at a temperature variation of 870°C obtained an average result of 0.743 J/mm<sup>2</sup>, and at a temperature variation of 890°C obtained an average result of 0.760 J/mm<sup>2</sup>. Results: From observing the microstructure photos of the initial material, there is more ferrite structure compared to the microstructure photos after treatment (carburizing). On the other hand, the amount of pearlite after treatment (carburizing) is greater than the previous material.

Keywords: Beef Bone Charcoal, Carburizing.

## PRAKATA

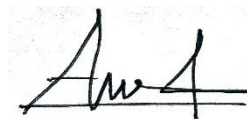
Alhamdulillah, puji syukur senantiasa saya panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat limpahan rahmat, nikmat serta karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Studi Variasi *Temperature Heat Treatment* Terhadap Sifat Mekanik Pada Proses *Carburizing* Baja ST 37 Untuk Pembuatan *Holder* Pahat CNC Dengan Media Arang Tulang Sapi”. Proposal penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengajukan skripsi pada program Strata-1 di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.

Dalam penyusunan dan penulisan proposal skripsi ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Sehingga pada kesempatan kali ini saya ingin memberikan ucapan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang sudah memberikan nikmat kesehatan dan nikmat kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.
2. Bapak Rusnoto S.T., M.Eng. Selaku Pembimbing I yang telah membimbing, memberikan saran dan motivasi kepada penulis.
3. Ibu Galuh Renggani Wilis, S.T., M.T. Selaku Pembimbing II yang telah membimbing, memberikan saran dan motivasi kepada penulis.
4. Bapak Hadi Wibowo, S.T., M.T. Selaku Dosen Wali yang telah memberikan saran dan motivasi kepada penulis.

Penulis telah mencoba membuat laporan ini sesempurna mungkin semampu kemampuan penulis, namun demikian mungkin ada kekurangan yang tidak terlihat oleh penulis, untuk itu mohon maaf atas kesalahannya dan mohon masukan untuk kedepannya. Harapan penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua, Aamiin.

Tegal, 15 Juli 2024



Galih Catur Febrian

## DAFTAR ISI

|                                           |      |
|-------------------------------------------|------|
| LEMBAR PERSETUJUAN .....                  | i    |
| HALAMAN PENGESAHAN .....                  | ii   |
| PERNYATAAN ORIGINAL .....                 | iii  |
| MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....                | iv   |
| ABSTRAK .....                             | v    |
| ABSTRACT .....                            | vi   |
| PRAKATA .....                             | vii  |
| DAFTAR ISI .....                          | viii |
| DAFTAR GAMBAR .....                       | x    |
| DAFTAR TABEL .....                        | xi   |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                     | xii  |
| LAMBANG DAN SINGKATAN .....               | xiii |
| BAB I .....                               | 1    |
| PENDAHULUAN .....                         | 1    |
| A. Latar Belakang Masalah.....            | 1    |
| B. Batasan Masalah .....                  | 3    |
| C. Rumusan Masalah.....                   | 4    |
| D. Tujuan Penelitian .....                | 4    |
| E. Manfaat Penelitian.....                | 5    |
| F. Sistematika penulisan .....            | 5    |
| BAB II .....                              | 7    |
| LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA ..... | 7    |
| A. Landasan Teori.....                    | 7    |
| 1. Carburizing .....                      | 7    |
| 2. Perlakuan panas .....                  | 9    |
| 3. Keausan .....                          | 11   |
| 4. Arang tulang sapi.....                 | 12   |
| 5. Baja.....                              | 13   |
| 6. Pengujian Bending .....                | 15   |
| 7. Pengujian Impack.....                  | 17   |
| 8. Pengujian Struktur Mikro .....         | 18   |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 9. Diagram fasa FeC .....             | 20 |
| 10. Mesin CNC .....                   | 21 |
| B. Tinjauan Pustaka .....             | 23 |
| BAB III .....                         | 27 |
| METODOLOGI DAN PENELITIAN .....       | 27 |
| A. Metode Penelitian .....            | 27 |
| B. Waktu dan Tempat Penelitian .....  | 27 |
| C. Instrument penelitian .....        | 29 |
| 1. Alat Penelitian .....              | 29 |
| 2. Bahan Penelitian .....             | 31 |
| 3. Desain Pengujian .....             | 31 |
| D. Prosedur Penelitian .....          | 32 |
| E. Metode Pengumpulan Data .....      | 34 |
| F. Diagram alir penelitian .....      | 36 |
| BAB IV .....                          | 37 |
| HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN ..... | 37 |
| A. Hasil Penelitian .....             | 37 |
| 1. Pengujian Komposisi .....          | 37 |
| 2. Pengujian Bending .....            | 39 |
| 3. Pengujian Impack .....             | 42 |
| 4. Pengujian Struktur Mikro .....     | 47 |
| B. Pembahasan .....                   | 48 |
| 1. Nilai Bending .....                | 48 |
| 2. Nilai Impack .....                 | 49 |
| 3. Struktur Mikro .....               | 49 |
| BAB V .....                           | 50 |
| KESIMPULAN DAN SARAN .....            | 50 |
| A. Kesimpulan .....                   | 50 |
| B. Saran .....                        | 51 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                  | 52 |
| LAMPIRAN .....                        | 54 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                        |                                     |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Gambar 2. 1 Proses masuknya karbon ke benda kerja..... | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 2. 2 Kurva TTT .....                            | 9                                   |
| Gambar 2. 3 Arang Tulang Sapi .....                    | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 2. 4 Alat Uji Bending.....                      | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 2. 5 Penampang Uji Bending .....                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 2. 6 Uji Impak dengan charpy.....               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 2. 7 Spesimen uji struktur mikro.....           | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 2. 8 Diagram fase FeC .....                     | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 2. 9 Mesin CNC .....                            | 22                                  |
| Gambar 2. 10 Holder pahat.....                         | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 1 Alat Furnace/ Tungku pemanas .....         | 29                                  |
| Gambar 3. 2 Mesin Milling .....                        | 30                                  |
| Gambar 3. 3 Desain Spesimen Uji Impak.....             | 31                                  |
| Gambar 3. 4 Desain Spesimen Uji Bending .....          | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 4. 1 Grafik Hasil Uji Bending .....             | 41                                  |
| Gambar 4. 2 Grafik Hasil Uji Impack.....               | 46                                  |
| Gambar 4. 3 Struktur Mikro Raw Material.....           | 47                                  |
| Gambar 4. 4 Struktur Mikro pada suhu 890°C .....       | 48                                  |

## DAFTAR TABEL

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 3 1 Rencana waktu peneitian.....                               | 28 |
| Tabel 4 1 Hasil Pengujian Komposisi Tool Holder Mesin CNC Lathe..... | 38 |
| Tabel 4 2 Hasil Pengujian Komposisi Raw Material Baja ST 37.....     | 38 |
| Tabel 4 3 Hasil Pengujian Bending .....                              | 39 |
| Tabel 4 4 Data uji impak .....                                       | 42 |
| Tabel 4 5 Data Hasil Uji Impact.....                                 | 43 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Lampiran 1 Spesiment Benda Uji.....            | 54 |
| Lampiran 2 Proses Heat Treatment .....         | 55 |
| Lampiran 3 Proses Uji Bending.....             | 59 |
| Lampiran 4 Proses Uji Impack .....             | 62 |
| Lampiran 5 Hasil Uji Mikro .....               | 65 |
| Lampiran 6 Perhitungan Hasil Uji Bending ..... | 67 |
| Lampiran 7 Perhitungan Hasil Uji Impack.....   | 72 |

## LAMBANG DAN SINGKATAN

|                 |   |                                           |
|-----------------|---|-------------------------------------------|
| %               | = | Persen                                    |
| °               | = | Derajat                                   |
| °C              | = | Derajat Celcius                           |
| ASTM            | = | American Society for Testing and Material |
| C               | = | Karbon                                    |
| $\cos \alpha$   | = | <i>Cosinus alfa</i>                       |
| $\cos \beta$    | = | <i>Cosinus Beta</i>                       |
| Cr              | = | Kromium                                   |
| Cu              | = | Tembaga                                   |
| Fe              | = | Besi                                      |
| g               | = | Gram                                      |
| J               | = | <i>Joule</i>                              |
| Mn              | = | Mangan                                    |
| Kg              | = | Kilogram                                  |
| KN              | = | Kilo newton                               |
| M               | = | Meter                                     |
| mm              | = | Milimeter                                 |
| mm <sup>2</sup> | = | Milimeter Persegi                         |
| Mo              | = | Molibdenum                                |
| MPa             | = | Mega Pascal                               |
| N               | = | Newton                                    |
| Ni              | = | Nikel                                     |
| P               | = | Fosfor                                    |
| S               | = | Belarang                                  |
| Si              | = | Silikon                                   |
| TTT             | = | <i>Time Temperature Transformation</i>    |

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Pesatnya kemajuan sektor industri, khususnya permesinan, telah mempercepat perkembangan teknologi produksi material fundamental seperti baja. Mengingat kemajuan ini, penting untuk memastikan bahwa material memiliki sifat mekanik yang cukup untuk memperpanjang masa pakainya. Biasanya, hal ini dicapai dengan melakukan proses perlakuan panas pada komponen pemesinan. Salah satu metode melibatkan pemanfaatan limbah tulang sapi sebagai agen karburasi selama proses karburasi.

Karburasi adalah proses yang bertujuan untuk meningkatkan kandungan karbon pada permukaan baja untuk meningkatkan kekerasan dan daya tahannya. Proses ini sangat penting untuk komponen yang membutuhkan ketahanan aus yang tinggi. Proses karburasi umumnya terjadi pada suhu berkisar antara 900°C hingga 950°C dalam media karburasi, menghasilkan lapisan permukaan yang mengeras sekaligus menjaga bahan inti tetap ulet. Media karburasi dapat berupa padat, cair, atau gas.

Studi ini berfokus pada analisis baja karbon ST-37, yang telah menjalani pengujian komposisi kimia untuk memastikan kandungan karbonnya. Penelitian ini melibatkan variasi suhu perlakuan panas hingga 850°C, 870°C, 890°C, dan kondisi bahan baku, dengan air digunakan sebagai media pendingin dan periode penahanan tetap selama 45 menit. Metode karburasi yang digunakan meliputi pengerasan permukaan padat dengan menggunakan arang tulang sapi sebagai bahan karburasi. Dalam penelitian ini, arang tulang sapi yang dihancurkan

digunakan sebagai sumber karbon.

Baja karbon rendah ST-37, yang mengandung kurang dari 0,3% karbon, sering digunakan dalam konstruksi karena keuletannya. Kelembutan bawaan baja ini membuatnya cocok untuk pembuatan komponen mesin seperti roda gigi dan poros yang mengalami gesekan. Namun, kekerasan permukaan yang rendah memerlukan peningkatan sebelum penerapannya pada komponen tersebut. Karena baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan melalui metode konvensional, proses karburasi digunakan untuk menambah karbon dan meningkatkan kekerasan permukaan. Prinsip bahwa peningkatan kandungan karbon berkorelasi dengan kekerasan yang lebih besar mendukung pendekatan ini.

Baja karbon rendah, ditandai dengan kandungan karbon kurang dari 0,3% dari berat totalnya, menguntungkan karena kemudahan pembentukan dan pemesinan. Ini biasanya digunakan dalam komponen mesin karena keuletannya. Meskipun cocok untuk komponen yang mengalami gesekan, kekerasan permukaannya yang rendah memerlukan modifikasi. Teknik pengerasan tradisional tidak efektif untuk baja karbon rendah, sehingga memerlukan penambahan karbon melalui proses karburasi untuk meningkatkan kekerasannya.

Salah satu peralatan pendukung yang sangat urgen dibutuhkan dalam beberapa industri permesinan adalah *tool holder*, baik untuk mesin bubut, mesin frais bahkan mesin CNC. Pada proses pack carburising ini, holder Pahat CNC adalah komponen penting yang banyak digunakan di industri manufaktur, fungsinya untuk memegang dan menstabilkan alat potong pada CNC selama proses permesinan. Perlu juga untuk memperhatikan tingkat bending ataupun tingkat impact pada holder tersebut karna perannya yang sangat signifikan pada proses penggunaan di mesin CNC. Pada penelitian ini saya menggunakan arang tulang sapi sebagai media untuk pack carburising. Keunggulan arang tulang sapi disini yaitu dapat memperoleh tingkat kekerasan yang tinggi daripada yang lainnya. Maka dari itu, dari latar belakang diatas saya mengambil judul **Studi variasi *temperature heat treatment* terhadap sifat mekanik pada proses *carburizing* baja ST-37 untuk pembuatan *holder* pahat CNC dengan media arang tulang sapi.**

## **B. Batasan Masalah**

Pada penelitian ini agar fokus kepada penelitian, penulis menambahkan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Media *carburizing* menggunakan arang tulang sapi.
2. Pengaruh penggunaan arang tulang sapi pada *pack carburizing*.
3. Penggunaan perbandingan temperature *heat treatment* 850°C, 870°C, dan 890°C serta raw material.
4. Penggunaan air untuk media pendingin.
5. Penggunaan metode *Holding Time* tetap 45 menit.
6. Pengujian yang dilakukan adalah Uji Bending, Uji Impact dan Struktuk mikro.

### C. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh temperatur *heat treatment* pada suhu 850°C, 870°C, 890°C dan raw material terhadap nilai bending pada proses carburising baja karbon rendah (ST-37) ?
2. Bagaimana pengaruh temperatur *heat treatment* pada suhu 850°C, 870°C, 890°C dan raw material terhadap nilai impact pada proses carburising baja karbon rendah (ST-37) ?
3. Bagaimana pengaruh temperatur *heat treatment* pada suhu 850°C, 870°C, 890°C dan raw material terhadap struktur mikro pada proses carburising baja karbon rendah (ST-37) ?

### D. Tujuan Penelitian

Untuk permasalahan di atas, Maka penelitian ini bertujuan untuk :

- a. Untuk mengetahui pengaruh temperatur *heat treatment* pada suhu 850°C, 870°C, 890°C dan raw material terhadap nilai bending pada proses carburising baja karbon rendah (ST-37).
- b. Untuk mengetahui pengaruh temperatur *heat treatment* pada suhu 850°C, 870°C, 890°C dan raw material terhadap nilai impact pada proses carburising baja karbon rendah (ST-37).
- c. Untuk mengetahui pengaruh temperatur *heat treatment* pada suhu 850°C, 870°C, 890°C dan raw material terhadap struktur mikro pada proses carburising baja karbon rendah (ST-37)

## **E. Manfaat Penelitian**

1. Manfaat penelitian secara khusus
  - a. Memberi pengetahuan baru tentang pengaruh pengarbonan dari arang tulang sapi terhadap pengerasan baja karbon rendah (ST-37) dengan proses *heat treatment*.
  - b. Dapat menjadi acuan peneliti selanjutnya yang berkaitan dengan *carburizing*.
  - c. Menambah referensi bagi peneliti selanjutnya yang berkaitan dengan proses *heat treatment* media arang tulang sapi.
2. Manfaat penelitian secara umum
  - a. Media pembelajaran di bidang bending dan kekerasan logam.
  - b. Untuk meningkatkan kualitas bending dan kekerasan logam.
  - c. Untuk memberikan kontribusi pada proses pack *carburizing*.

## **F. Sistematika penulisan**

Dalam penulisan skripsi ini penulis dapat menggunakan sistematika sebagai berikut

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan skripsi.

## **BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini berisi penjelasan tentang teori-teori yang berkaitan dengan proses *heat treatment* serta tinjauan pustaka yang menjadi bahan referensi penulis.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini berisi pembahasan metodologi penelitian yang akan di gunakan penulis, meliputi kerangka penulisan yang berisi: bahan, alat dan waktu penelitian.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini berisi data data yang telah di kumpulkan dalam penelitian yang akan di gunakan dalam proses pengolahan data.

## **BAB V PENUTUP**

Pada bab terakhir ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian tentang pengaruh temperatur *heat treatment* terhadap sifat mekanik pada proses carburizing baja karbon rendah (ST-37) pada pembuatan holder pahat CNC dengan media arang tulang sapi.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Landasan Teori**

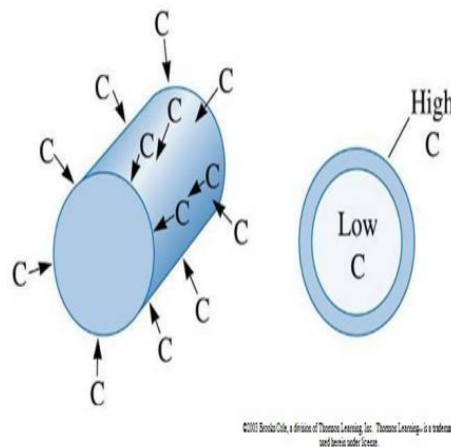
##### **1. Carburizing**

Karburasi kemasam adalah teknik termokimia atau perlakuan panas kimia yang mengubah komposisi kimia permukaan baja dengan meningkatkan kandungan karbonnya. Proses ini dilakukan pada suhu antara 850 dan 950°C (Malau, 1999). Selama prosedur, arang dikombinasikan dengan  $\text{NaCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ , atau  $\text{BaCO}_3$ . Senyawa ini berfungsi sebagai aktivator dan pemberi energi, sehingga menghasilkan konsentrasi karbon yang lebih tinggi pada permukaan baja. Proses karburasi biasanya diterapkan pada baja dengan kandungan karbon rendah, namun juga dapat digunakan pada baja karbon sedang. Mencapai karburisasi berkualitas tinggi memerlukan pertimbangan yang cermat terhadap beberapa faktor. Penelitian pengaruh berbagai sumber karbon—seperti arang, kokas, dan gumpalan batubara—pada sifat keausan baja karbon menengah, dengan  $\text{BaCO}_3$  sebagai aktivator karbon pada konsentrasi hingga 10%, telah menunjukkan bahwa ketahanan aus dapat meningkat sebesar 3.500% dibandingkan dengan bahan yang tidak diolah ketika karburasi pada 925°C (Syamsuir, 2002).

Dalam sistem paket karburasi, benda kerja baja dikelilingi oleh bubuk arang kayu, yang bila dipanaskan akan melepaskan gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CO}$ . Pada permukaan baja rendah karbon, gas  $\text{CO}$  terurai menjadi atom karbon, yang kemudian berdifusi ke dalam baja. Akibatnya, kandungan karbon pada

permukaan baja meningkat.

Tingkat difusi dan kekerasan yang dicapai selama proses karburasi tunduk pada kendala teknis. Namun dalam praktiknya, kedalaman karburasi biasanya mencapai sekitar 0,05 inci (1,27 mm). Durasi yang diperlukan untuk karburisasi secara signifikan dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti jenis media



**Gambar 2. 1** Proses masuknya karbon ke benda kerja yang digunakan, suhu difusi, dan paduan logam spesifik yang sedang diproses.

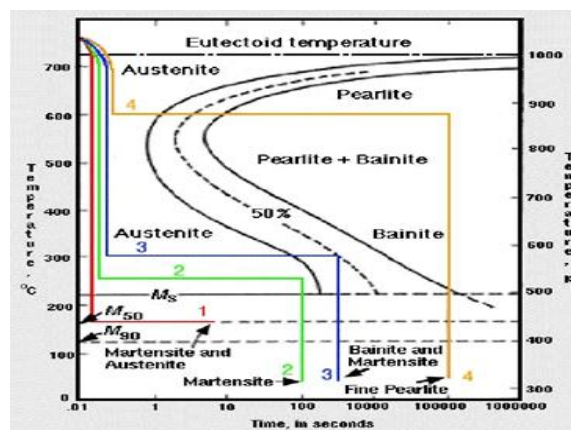
Sumber (ariff80.wordpress.com)

Keuntungan dari proses pack carburizing :

- (1) Mudah mengontrol kedalaman dengan mengatur lamanya waktu tunggu / holding time
- (2) Baik untuk bentuk kompleks
- (3) Biaya rendah terutama untuk produksi masal
- (4) Bahan baku low carbon steel-penghematan
- (5) Struktur lebih tangguh dari pada baja medium atau high carbon steel

## 2. Perlakuan panas

Tujuan perlakuan panas setelah proses karburasi adalah untuk mencapai permukaan yang mengeras dan tahan aus. Paparan suhu tinggi yang berkepanjangan selama karburisasi menyebabkan butiran kristal menjadi halus, yang meningkatkan kekerasan inti baja dan struktur butiran sekaligus menghilangkan efek karburisasi. Struktur kaya karbon ini dapat menyebabkan kerapuhan pada permukaan baja. Memahami perlakuan panas baja dapat dipandu oleh kurva TTT (Time-Temperature-Transformation). Kurva ini berperan penting dalam mengamati perubahan fasa akibat proses pendinginan. Mereka juga menunjukkan dimulainya dan selesainya reaksi, seperti dekomposisi austenit, dengan waktu yang berfungsi sebagai variabel.



Sumber (Irba Zain Kharisna, 2022)

Gambar 2. 2 Kurva TTT

Ketika baja karbon dipanaskan sampai suhu austenitik dan kemudian didinginkan perlahan, ia membentuk ferit dan sementit. Namun, jika proses pendinginan cepat, martensit akan berkembang sebagai gantinya. Martensit terbentuk pada suhu di bawah eutektoid tetapi masih di atas suhu kamar karena pendinginan yang cepat, yang menyebabkan semua karbon dalam austenit tetap berada dalam larutan padat. Hal ini menghasilkan struktur tetragonal, baik tetragonal body-centered (BCT) atau tetragonal centered (TCP), bukan bentuk kubik pada umumnya. Karena struktur martensitiknya non-kubik, atom karbon terperangkap di dalam kisi, sehingga sulit tergelincir. Akibatnya, martensit dicirikan oleh kekerasan, kekuatan, dan kerapuhannya. Transformasi ini terjadi tanpa difusi; sebaliknya, ini melibatkan perubahan struktur yang cepat.

Proses perlakuan panas di bagi menjadi 2, yaitu :

- a. *Softening* (pelunakan) adalah usaha untuk menurunkan sifat mekanik agar menjadi lunak dengan cara mendinginkan material yang sudah di panaskan ke dalam tungku (*annealing*) atau mendinginkan dalam udara terbuka (*normalizing*)
- b. *Hardening* (pengerasan) adalah usaha untuk meningkatkan kekerasan sifat material terutama kekerasan dengan menggunakan cara pendinginan cepat dengan mencelup (*quenching*) material yang sudah di panaskan berikutnya di laukan media *quenching* media tersebut bisa menggunakan air, air garam, air laut, oli.

Tujuan dari *heat treatment* adalah :

- a) Memperbaiki keuletan dan kekuatan material.
- b) Mengeraskan logam sehingga akan tahan aus.
- c) Menghilangkan tegangan dalam.
- d) Menghasilkan permukaan yang keras dan dikelilingi inti yang ulet.

### 3. Keausan

Keausan umumnya dipahami sebagai kerusakan pada permukaan padat akibat hilangnya atau pergerakan material yang disebabkan oleh gaya mekanis yang melibatkan interaksi dengan padatan, cairan, atau gas. Definisi keausan belum terstandarisasi dan masih ambigu, namun umumnya dikategorikan menjadi tiga jenis utama: keausan perekat, keausan abrasif, dan keausan erosif. Selain itu, ada beberapa jenis keausan sekunder, termasuk kelelahan permukaan, fretting, dan erosi kavitasi, yang tidak dianggap sebagai bentuk keausan primer.

Keausan abrasif terjadi ketika permukaan yang keras dan kasar bergerak melawan permukaan yang lebih lembut, menyebabkan penghilangan material melalui pembentukan alur. Hilangnya material dapat bermanifestasi sebagai pecahan atau akumulasi di sepanjang alur. Keausan abrasif dapat dibagi lagi menjadi abrasi dua benda, dimana partikel bergerak pada satu permukaan, dan abrasi tiga benda, dimana terdapat partikel keras di antara dua permukaan bergerak.

### 4. Arang tulang sapi

Tulang sapi, produk sampingan dari peternakan, dapat digunakan kembali sebagai adsorben alternatif untuk aplikasi spesifik, seperti adsorpsi rhodamin B. Penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi kapasitas adsorpsi tulang yang diolah menjadi arang aktif. Persiapannya melibatkan perendaman tulang sapi yang sudah dibersihkan dalam heksana sambil dipanaskan, diikuti dengan karbonisasi pada suhu antara 700 dan 800°C selama 6-7 jam. Setelah karbonisasi, arang yang dihasilkan digiling hingga ukuran 10-100 mesh. Sampel rhodamin B untuk penelitian ini diperoleh dari Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) di Provinsi Riau, Pekanbaru.

Kondisi optimal untuk adsorpsi rhodamin B menggunakan arang tulang dicapai dengan ukuran partikel 100 mesh, menunjukkan tingkat penyerapan 98,91%. Dengan berat adsorben 4 gram, laju penyerapan 98,72%, dan waktu adsorpsi maksimum 60 menit menghasilkan laju penyerapan 99,46%. Hasil adsorpsi yang ditingkatkan diperoleh dengan ukuran partikel yang lebih kecil, berat adsorben yang lebih besar, dan waktu penyerapan yang lebih lama. Temuan menunjukkan bahwa arang tulang merupakan adsorben efektif dengan kapasitas penyerapan yang tinggi.

Sumber: (shoppe.co.id)



**Gambar 2. 3** Arang Tulang Sapi

## 5. Baja

Baja adalah paduan besi yang menggabungkan karbon dan beberapa elemen lainnya, dengan kandungan karbon biasanya berkisar antara 0,2% hingga 2,1% dari berat total baja, tergantung pada kelasnya. Selain karbon, baja karbon juga mengandung unsur-unsur seperti mangan, fosfor, belerang, silikon, dan sejumlah kecil oksigen, nitrogen, dan aluminium. Unsur lain seperti nikel, kromium, molibdenum, boron, titanium, vanadium, dan niobium dapat ditambahkan untuk mengubah sifat baja.

Dengan memvariasikan jumlah karbon dan elemen tambahan ini, berbagai jenis baja dapat diproduksi. Peran karbon dalam baja adalah untuk meningkatkan kekerasan dan mencegah dislokasi di dalam kisi kristal, sehingga mempengaruhi kekuatan material dan integritas struktural. Baja karbon dikategorikan berdasarkan kandungannya menjadi beberapa jenis berikut:

- a. Baja Karbon Rendah: Mengandung 0,10% - 0,30% karbon. Biasanya digunakan dalam bentuk batang baja, pelat, dll., dan dikenal karena keuletan dan kemampuan lasnya.
- b. Baja Karbon Sedang: Mengandung 0,30% - 0,60% karbon. Jenis ini biasa digunakan untuk membuat alat dan komponen yang membutuhkan keseimbangan kekuatan dan keuletan.
- c. Baja Karbon Tinggi: Mengandung 0,60% - 1,7% karbon. Baja ini sering digunakan untuk alat manufaktur dan komponen lain yang membutuhkan kekerasan tinggi dan ketahanan aus.

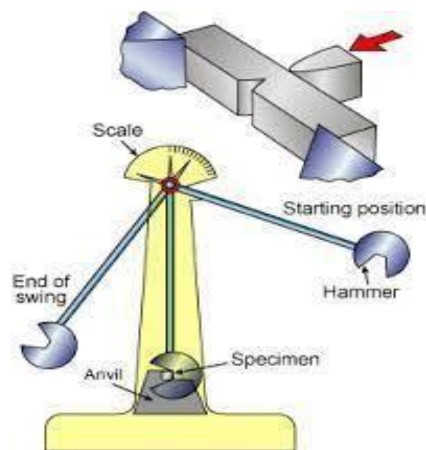
Sifat mekanik baja mengacu pada kemampuannya menahan berbagai beban, termasuk tegangan tarik, tekan, tekuk, geser, dan puntir. Sifat mekanik utama meliputi:

- a. Kekuatan: Kapasitas suatu material untuk menahan gaya tarik tanpa putus.
- b. Kekerasan: Ketahanan suatu material terhadap goresan, abrasi, dan penetrasi.
- c. Elastisitas: Kemampuan suatu bahan untuk kembali ke bentuk semula setelah menghilangkan tegangan yang diberikan.
- d. Kekakuan: Ketahanan suatu material terhadap deformasi di bawah tekanan.
- e. Plastisitas: Kemampuan suatu material untuk mengalami deformasi permanen tanpa kegagalan.
- f. Ketangguhan: Kemampuan suatu bahan untuk menyerap energi dan berubah bentuk secara plastis tanpa pecah. Ini juga mencerminkan energi yang dibutuhkan untuk mematahkan benda kerja.
- g. Kelelahan: Kecenderungan material untuk gagal di bawah pembebanan siklik berulang, bahkan ketika tegangan berada di bawah kekuatan tarik utamanya.
- h. Creep: Deformasi plastis bertahap yang bergantung pada waktu dari suatu material di bawah beban atau tegangan konstan.

## 6. Pengujian Bending

## 7. Pengujian Impact

Uji tumbukan dilakukan setelah uji kekerasan untuk mengukur ketahanan tumbukan setiap variasi sampel uji. Pengujian ini menggunakan metode Charpy yang menggunakan pendulum yang dilengkapi kapasitas energi 300 joule. Setiap variasi dinilai menggunakan tiga sampel uji. Pendekatan ini membantu memperhitungkan potensi kesalahan dalam proses pengujian



**Gambar 2. 6** Uji Impact dengan charpy

dampak.

Sumber (Irba Zain Kharisna, 2022)

Dengan alat uji charpy, energi impek dapat di ketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$\Delta E = W \cdot L (\cos \beta - \cos \alpha) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

$\Delta E$  = Jumlah energy impek (j)

$W$  = Berat palu (N)

$L$  = Panjang lengan (m)

$\alpha$  = Sudut awal

$\beta$  = Sudut akhir

dengan demikian Harga Impact dapat di ketahui sebagai berikut :

$$HI = \frac{AE}{A} \dots\dots\dots(2.3)$$

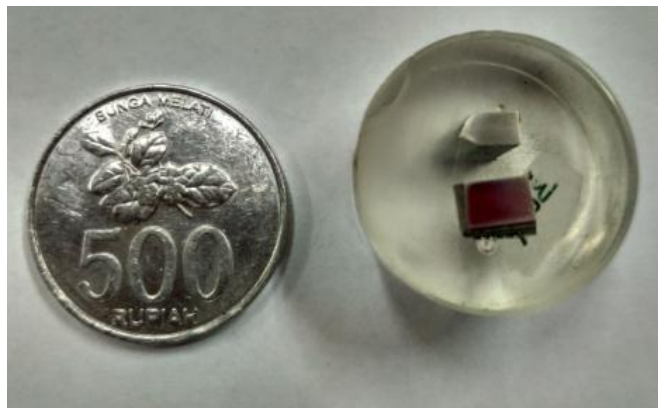
Dimana :

HI = Harga Impact ( $J/mm^2$ )

AE = Uji Terserap (J)

A = Luas Penampang ( $mm^2$ )

## 8. Pengujian Struktur Mikro



**Gambar 2. 7** Contoh spesimen uji truktur mikro

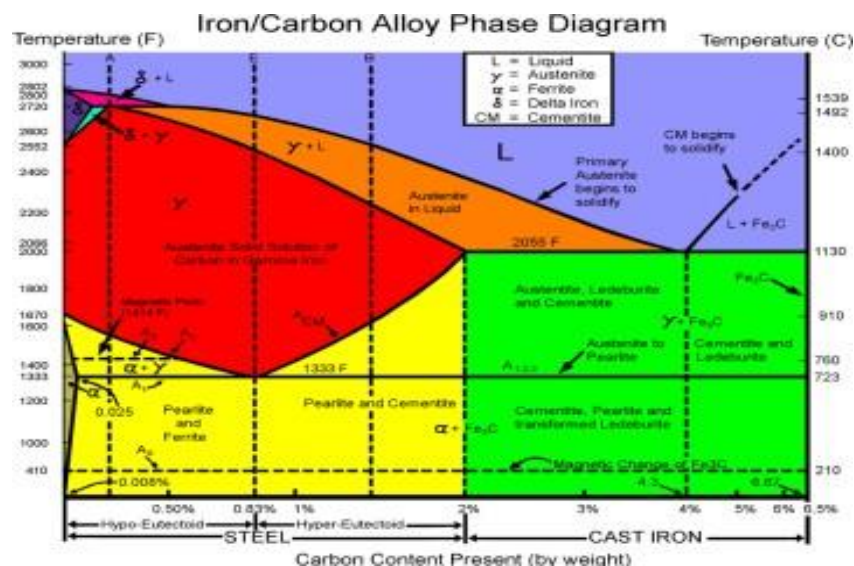
Pengujian struktur Mikro meliputi tahap-tahap sebagai berikut :

1. Pemotongan: Ini melibatkan pemahaman prosedur untuk memotong sampel dan memilih teknik pemotongan yang sesuai untuk memastikan perolehan spesimen metalografi yang representatif.

2. Pemasangan: Langkah ini memerlukan pengamanan sampel ke media untuk memfasilitasi penanganan sampel kecil atau berbentuk tidak teratur, mencegah kerusakan selama manipulasi.
3. Penggilingan: Proses ini melibatkan penghalusan dan meratakan permukaan sampel dengan mengikisnya terhadap kain abrasif atau amplas.
4. Poles: Langkah ini bertujuan untuk mencapai halus, cermin-seperti selesai pada permukaan sampel, menghilangkan goresan dan penyimpangan ke presisi 0,01  $\mu\text{m}$ , menghasilkan permukaan yang baik halus dan reflektif.
5. Etsa: Ini melibatkan penerapan proses etsa pada sampel untuk mengungkapkan dan mengidentifikasi rincian struktur logamnya, yang kemudian diperiksa di bawah mikroskop optik. Penting untuk membedakan antara metode etsa kimia dan etsa elektro berdasarkan aplikasinya.

## 9. Diagram fasa FeC

Diagram fasa adalah representasi grafis dari fasa yang ada dalam paduan pada kondisi suhu, tekanan, atau komposisi kimia yang berbeda. Diagram menggambarkan kondisi yang cocok agar dua fase atau lebih berada dalam kesetimbangan. Misalnya, diagram fase air menggambarkan suatu titik (titik tripel) di mana air dapat hidup berdampingan dalam tiga fase berbeda pada waktu yang bersamaan. Hal ini terjadi tepat di atas suhu beku ( $0,01^{\circ}\text{C}$ ) dan  $0,006\text{ atm}$ .



Gambar 2. 8 Diagram fasa FeC

Sumber (Ryan Reynaldi, 2020)

Logam paduan dapat berada dalam fase yang berbeda. Fase adalah keadaan paduan yang homogen secara fisik. Suatu fase memiliki komposisi kimia yang tepat susunan dan ikatan tertentu antar atom.

Struktur atom ini memberikan sifat yang berbeda pada fase yang berbeda. Kita dapat memilih fase yang kita inginkan dan menggunakannya dalam aplikasi

kita. Hanya beberapa paduan khusus yang dapat berada dalam berbagai fase. Memanaskan logam hingga suhu tertentu menggunakan [prosedur perlakuan panas](#) menghasilkan fase yang berbeda. Beberapa paduan khusus dapat berada di lebih dari satu fase pada suhu yang sama.

## 10. Mesin CNC

CNC, yang merupakan singkatan dari "Computer Numerical Control", mengacu pada mesin yang digunakan dalam proses manufaktur yang dioperasikan melalui sistem kontrol terkomputerisasi dan peralatan mesin. Keuntungan utama mesin CNC adalah kecepatannya yang tinggi, sehingga ideal untuk manufaktur skala besar.

Awal mesin CNC tanggal kembali ke tahun 1940-an dan 1950-an ketika peralatan mesin yang ada diadaptasi untuk menggabungkan kontrol terkomputerisasi. Awalnya dirancang untuk menghasilkan benda kerja yang kompleks, teknologi ini menghadapi adopsi yang terbatas karena biaya produksi yang tinggi dan kompleksitas unit kontrol. Baru pada tahun 1975, dengan munculnya mikroprosesor, teknologi CNC mulai berkembang secara signifikan. Pengenalan mikroprosesor memungkinkan pengurangan ukuran dan kompleksitas unit kontrol, sehingga menyebabkan penggunaan mesin CNC lebih luas. Saat ini, teknologi CNC lazim di berbagai sektor, termasuk pendidikan, penelitian, dan industri nasional dan internasional.

## Bagian Utama Mesin CNC

- 1) Program
- 2) Unit kendali atau *processor*
- 3) Alat cekam benda kerja
- 4) Motor listrik servo untuk menggerakkan *control tools*
- 5) Motor listrik untuk menggerakkan/memutar pahat (*spindle*)
- 6) *Cutting Tools* (Pahat)
- 7) Dudukan dan pemegang tools (*Holder*)



**Gambar 2. 9** Mesin CNC

Sumber (Irba Zain Kharisna, 2022)



**Gambar 2. 10** Holder pahat

Sumber (Dokumentasi Pribadi, 2024)

## B. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari beberapa sumber. Adapun beberapa penelitian sebelumnya yang membahas tentang heat treatment yang mungkin bisa jadi acuan pada penelitian study variasi temperatur heat treatment terhadap sifat mekanik pada proses carburizing baja ST-37 pada pembuatan holder pahat CNC dengan media arang tulang sapi.

1. **Menurut Arief Fatchurrozy (2019).** Studi ini menyelidiki kekerasan baja karbon rendah menggunakan bubuk tulang sapi sebagai media, memeriksa efek perlakuan panas melalui uji tarik dan lentur. Proses karburasi dilakukan pada suhu 900°C selama 120 menit. Kekerasan bahan baku yang tidak diolah rata-rata 128 HB. Setelah perlakuan panas, spesimen menunjukkan nilai kekerasan yang bervariasi: spesimen yang diolah dengan minyak SAE 40 mencapai kekerasan rata-rata 176 HB, sedangkan spesimen yang diolah dengan air laut memiliki kekerasan rata-rata 232 HB, dan spesimen yang diolah dengan media pendingin rata-rata 158 HB. Dalam pengujian tarik, media pendingin yang berbeda memberikan hasil yang berbeda-beda. Kekuatan tarik rata-rata benda uji yang didinginkan dalam media standar adalah 614,46 N/mm<sup>2</sup>. Yang didinginkan dalam minyak SAE 40 memiliki kekuatan tarik 726,75 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan pendinginan air laut menghasilkan kekuatan tarik rata-rata 892,02 N/mm<sup>2</sup>. Uji tekuk menunjukkan kekuatan rata-rata 2136,50 N/mm<sup>2</sup> untuk media pendingin, 2850,58 N/mm<sup>2</sup> untuk air laut, dan 2939,76 N/mm<sup>2</sup> untuk minyak SAE 40.

2. **Rizal Firdaus (2019)** Studi ini mengeksplorasi kekerasan baja ST37 sebelum dan sesudah menjalani proses karburisasi padat menggunakan arang tempurung kelapa untuk meningkatkan kandungan karbon dan barium karbonat sebagai katalis. Baja dipanaskan pada suhu 850°C, 880°C, dan 930°C, diikuti dengan pendinginan dalam minyak. Nilai kekerasan tertinggi pada baja diamati pada 930°C.
3. **Sailon (2022)** Penelitian ini menyelidiki dampak karburasi dengan arang tulang sapi terhadap kekerasan produk pandai besi di Desa Tanjung Pinang. Penelitian ini menggunakan metode karburasi kemasan menggunakan arang tulang sapi, dengan variasi suhu 850°C, 900°C, dan 950°C, serta waktu penahanan 30, 45, dan 60 menit. Temuan menunjukkan bahwa karburasi dengan arang tulang sapi secara signifikan meningkatkan kekerasan, dengan kekerasan permukaan maksimum 59,2 HRC dicapai pada 950°C dengan waktu penahanan 60 menit. Suhu memainkan peran penting dalam meningkatkan kekerasan permukaan melalui karburasi kemasan.
4. **Irba Zain Kharisna (2022)** Penelitian ini mengkaji bagaimana variasi metode pendinginan mempengaruhi kekerasan, ketahanan benturan, dan kekuatan lentur baja ST37 yang dikarburisasi menggunakan bubuk arang tulang sapi. Prosesnya melibatkan pemanasan baja karbon rendah pada 900°C dengan arang tulang sapi selama 45 menit, diikuti dengan pendinginan cepat menggunakan air, air laut, atau minyak SAE 40, dan temper pada 300°C selama 20 menit. Hasilnya menunjukkan bahwa spesimen yang didinginkan dengan air laut memiliki kekerasan rata-rata tertinggi sebesar 31,67 HRC,

sedangkan pendinginan oli SAE 40 menghasilkan nilai tumbukan rata-rata tertinggi sebesar 3,08 J/mm<sup>2</sup>.

5. **Helanianto Helanianto (2023).** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur pada karburasi padat terhadap peningkatan nilai kekerasan baja ST37. Karburasi padat ini menggunakan variasi temperatur 900<sup>0</sup>C, 1000<sup>0</sup>C, dan 1100<sup>0</sup>C, dengan waktu tahan selama 30 menit. Bahan yang digunakan adalah campuran CaCO<sub>3</sub> dan arang tempurung kelapa dengan media pendingin air mineral. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan *Rockwell* yang dilakukan di lab Uji Bahan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ketapang. Dari hasil pengujian baja ST37 rata-rata kekerasan yang didapat pada *raw material* = 48.3 HRB, kemudian pada masing-masing perlakuan pengarbonan pada suhu 900<sup>0</sup>C = 48.6 HRB, suhu 1000<sup>0</sup>C = 48.9 HRB, suhu 1100<sup>0</sup>C = 49.1 HRB. Pelat baja yang dikarburasi dengan suhu 900<sup>0</sup>C, 1000<sup>0</sup>C, dan 1100<sup>0</sup>C hasil ujinya lebih keras dibandingkan dengan *raw material*.
6. **Rusnoto (2023)** Karburasi kemas melibatkan perlakuan panas dan pendinginan logam padat untuk mengubah sifat fisik dan mekaniknya. Proses ini meningkatkan kandungan karbon pada permukaan baja karbon rendah dengan memanaskannya antara 900<sup>0</sup>C dan 950<sup>0</sup>C. Karbon untuk proses ini dapat bersumber dari sisa tulang kambing dan sekam padi, yang keduanya cukup kaya karbon untuk digunakan dalam produksi arang aktif. Studi ini mengevaluasi sifat mekanik kekerasan, kekuatan tarik, dan ketahanan aus baja karbon rendah yang mengalami karburasi kemas. Penelitian ini

menggunakan kombinasi arang tulang kambing dan arang sekam padi dalam berbagai rasio (50%:50%, 40%:60%, dan 25%:75%) pada 900°C, dengan pendinginan dilakukan menggunakan air mineral. Kekerasan tertinggi yang tercatat adalah 756 VHN dengan rasio arang tulang kambing 25% berbanding 75% arang sekam padi. Kekuatan tarik puncak 1338 MPa dicapai dengan 40% arang tulang kambing dan 60% campuran arang sekam padi. Tingkat keausan terendah sebesar 0,00035 mm<sup>3</sup>/kg diamati pada 25% arang tulang kambing dan 75% campuran arang sekam padi.

## **BAB III**

### **METODOLOGI DAN PENELITIAN**

#### **A. Metode Penelitian**

Metode penelitian merupakan sebuah metode yang digunakan untuk merancang sebuah proses penelitian agar dalam pelaksanaannya dapat tersusun dengan baik dan dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah (Masoli, et.al, 2021). Metode yang dilakukan dalam penelitian ini dengan menggunakan metode eksperimen yang digunakan untuk mencari sebab akibat atau faktor- faktor yang dapat dihasilkan peneliti dengan melakukan tambahan atau mengurangi faktor yang mempengaruhi hasil dari pengujian.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah, setiap spesimen benda uji diberikan perlakuan proses *carburizing* terlebih dahulu dengan penambahan unsur karbon dari tulang sapi, dengan variasi suhu 850°C, 870°C, 890°C dan raw material, dengan waktu penahanan 45 menit dan didinginkan secara cepat menggunakan pendingin air. Kemudian dilakukan pengujian meliputi uji bending, uji impak dan struktur mikro dari spesimen.

#### **B. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret - Agustus tahun 2024. Adapun pelaksanaannya sebagai berikut :

1. Proses pembuatan sampel benda uji dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal

2. Proses perlakuan panas atau *heat treatment* dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
3. Proses pengujian bending, uji impact dan pengujian atau pengambilan gambar struktur mikro dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

**Tabel 3 1** Rencana waktu penelitian

| No | Uraian              | Bulan ke |   |   |   |   |   |
|----|---------------------|----------|---|---|---|---|---|
|    |                     | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | Pengajuan judul     |          |   |   |   |   |   |
| 2. | Penyusunan proposal |          |   |   |   |   |   |
| 3. | Seminar proposal    |          |   |   |   |   |   |
| 4. | Perancangan alat    |          |   |   |   |   |   |
| 5. | Pengujian alat      |          |   |   |   |   |   |
| 6. | Pengumpulan data    |          |   |   |   |   |   |
| 7. | Pengolahan data     |          |   |   |   |   |   |
| 8. | Laporan skripsi     |          |   |   |   |   |   |
| 9. | Ujian skripsi       |          |   |   |   |   |   |

### C. Instrument penelitian

Adapun peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### 1. Alat Penelitian

- a. Alat ukur (mistar, jangka sorong, dan alat ukur lainnya)
- b. Tungku pemanas (*furnace Naber*)

*Furnace* yang akan digunakan dalam penelitian ini menggunakan *furnace* dengan temperatur maksimum 1200°C yang berada di Laboratorium Material Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.



**Gambar 3. 1** Alat Furnace/ Tungku pemanas

Sumber (Laboratorium Fakultas teknik universitaspancasakti)

- c. Penjepit Spesimen

Alat ini digunakan untuk memudahkan dalam pengambilan spesimen uji setelah proses karburasi kemudian dilanjutkan proses *quenching* secara cepat.

- d. Mesin Gerinda

Mesin gerinda digunakan untuk memotong benda kerja dalam pembuatan spesimen.

- e. Mesin Milling MCV 300

Mesin ini digunakan untuk pembuatan sampel uji impak agar menghasilkan

spesimen yang presisi sesuai dengan standar pengujian.



Gambar 3. 2 Mesin Milling  
Sumber (Laboratorium LIK Tegal)

f. Alat Uji Impak



Alat uji impak yang digunakan dalam penelitian ini adalah impak *charpy* dengan tujuan untuk mengetahui nilai kuat impak suatu material.

g. Alat Uji Bending

Alat uji bending yang digunakan untuk menguji nilai kekuatan bending pada spesimen uji.

h. Alat Uji Struktur Mikro

Alat uji yang digunakan untuk menguji struktur mikro pada spesimen ini adalah mikroskop khusus metalografi.

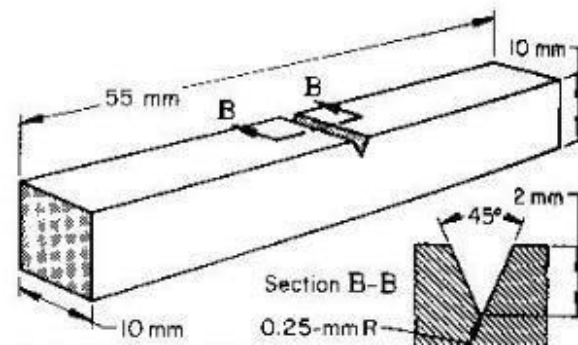
## 2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

- a. Baja karbon rendah ST 37
- b. Arang tulang sapi
- c. Media pendingin (Air)

## 3. Desain Pengujian

- a. Spesimen Uji Impak

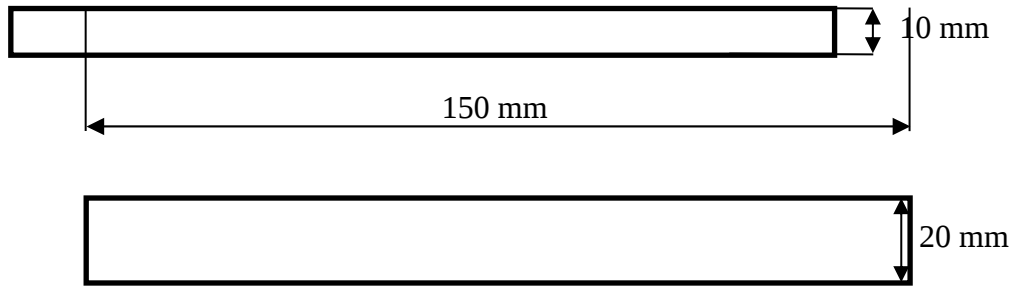


**Gambar 3. 3** Desain Spesimen Uji Impak

Keterangan :

1. Panjang = 55 mm
2. Lebar = 10 mm
3. Tebal = 10 mm
4. Ketebalan Takik = 2 mm
5. Lekuk Charpy =  $45^\circ$

b. Spesimen uji bending



**Gambar 3. 4** Desain Spesimen Uji Bending

Keterangan :

1. Panjang = 150 mm
2. Lebar = 20 mm
3. Tebal = 10 mm

**D. Prosedur Penelitian**

1. Tahapan proses pembuatan serbuk arang tulang sapi yaitu :

- a) Menyiapkan tulang sapi

Mencari limbah tulang sapi di Pasar Tradisional atau Rumah pemotongan hewan terdekat.

- b) Membersihkan dan mengeringkan tulang sapi

Membersihkan kotoran-kotoran yang tersisa pada tulang sapi dengan menggunakan air selanjutnya setelah bersih di keringkan dan di jemur dibawah sinar matahari sampai kadar air benar-benar hilang dari tulang, proses ini memakan waktu sampai beberapa hari. Setelah kering tulang di pecah atau di potong sesuai dengan ukuran, proses ini bertujuan untuk memudahkan proses pembakaran dan mempercepat pembuatan arang.

c) Proses menjadikan tulang sapi menjadi serbuk arang

Tulang sapi yang telah di keringkan dan di pecah selanjutnya tulang sapi dimasukan ke dalam kaleng/wadah kemudian di bakar diatas tungku yang tujuannya agar tulang sapi benar-benar tidak tercampur dengan arang kayu bara api lalu tunggu sampai tulang berwarna hitam atau menjadi arang.

d) Proses penghalusan arang tulang sapi

Arang tulang selanjutnya dihancurkan sampai menjadi halus dengan di tumbuk dengan lumpang hingga menjadi halus kemudian disaring menggunakan saringan mesh 40 untuk mencapai kehalusan yang diinginkan untuk dicampur dengan spesimen didalam wadah pada proses karburasi nanti.

2. Tahapan proses perlakuan panas atau karburasi sebagai berikut :

a) Menyiapkan / memotong spesimen sesuai dengan ukuran yang ditentukan untuk

proses pengujian kemudian spesimen di bersihkan dan di haluskan permukaannya dari kotoran dan karat dengan amplas sampai merata.

b) Memasukan spesimen ke dalam kontainer atau wadah yang terisi serbuk arang tulang sapi kemudian kontainer di tutup, untuk meletakkan spesimen ke dalam kontainer harus diperhatikan dengan baik. Seluruh permukaan spesimen harus tertutup seluruhnya oleh campuran serbuk arang tulang sapi.

c) Memasukan kontainer yang telah di isi spesimen ke dalam *furnace* dengan variasi suhu 850°C, 870°C, dan 890°C dengan waktu penahanan selama 45menit.

- d) Mengeluarkan spesimen saat mencapai *holding time* menggunakan alat penjepit spesimen.
- e) Setelah itu dilanjut proses *quenching* secara cepat melalui media pendingin air.
- f) Selanjutnya proses *tempering* menggunakan temperatur 300°C di tahan selama 20 menit.

### 3. Tahap akhir

Pada tahap terakhir ini, hasil spesimen yang telah melalui proses *heat treatment* kemudian di lanjut proses pengujian, yaitu uji impak, uji bending dan uji struktur mikro.

## E. Metode Pengumpulan Data

Metode-metode yang dilakukan untuk memperoleh data meliputi :

### 1. Observasi

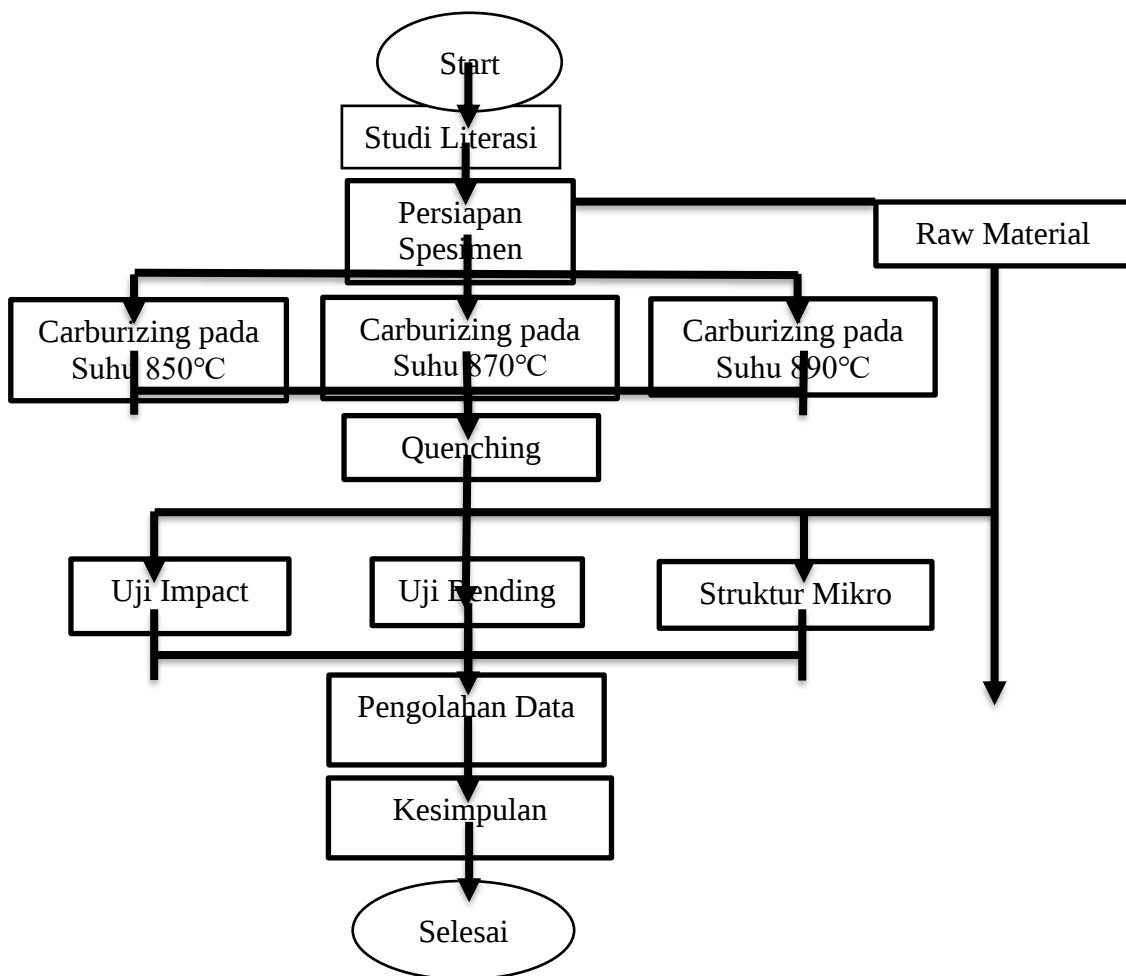
Observasi dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti meliputi tentang bagaimana pengaruh variasi suhu pada proses *carburizing* bajaST 37 dengan serbuk arang tulang sapi.

### 2. Eksperimen

Setelah melakukan observasi pada hasil diatas, maka dilakukan eksperimen *heat treatment carburizing* dan *quenching* dengan bahan serbuk arang tulang sapi dengan perbandingan suhu 850°C, 870°C, 890°C dengan tujuan untuk mengetahui nilai bending dan nilai impak yang dihasilkan.

Metode penelitian yang digunakan untuk pengambilan data adalah metode eksperimen dengan melalui proses pengujian, langkah-langkahnya sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan alat dan bahan pengujian.
- b. Proses pembuatan spesimen.
- c. Proses pembuatan serbuk arang tulang sapi.
- d. Proses *heat treatment*.
- e. Proses Pengujian.
- f. Pengumpulan dan mencatat semua data hasil dari pengujian.

**F. Diagram alir penelitian**

Gambar 3. 5 Diagram Alir Penelitian



