

## **BAB II**

### **INJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Material**

Material selalu menjadi tonggak dari sejarah peradaban manusia, di mana kita mengenal adanya Zaman Batu, Zaman Perunggu, dan Zaman Besi. Saat ini, material pun memainkan peranan yang sangat penting dalam perkembangan teknologi. Dalam bidang apa pun, seorang insinyur (*engineer*) tidak dapat membuat barang baru tanpa memperhitungkan sifat material yang digunakan. Pada umumnya, kemampuan mesin atau struktur akan bergantung pada sifat material yang menyusunnya. Material pada dasarnya adalah sesuatu yang ada di mana saja, dan dalam keadaan apa saja (Sofyan, 2021).

#### **2.2. Baja**

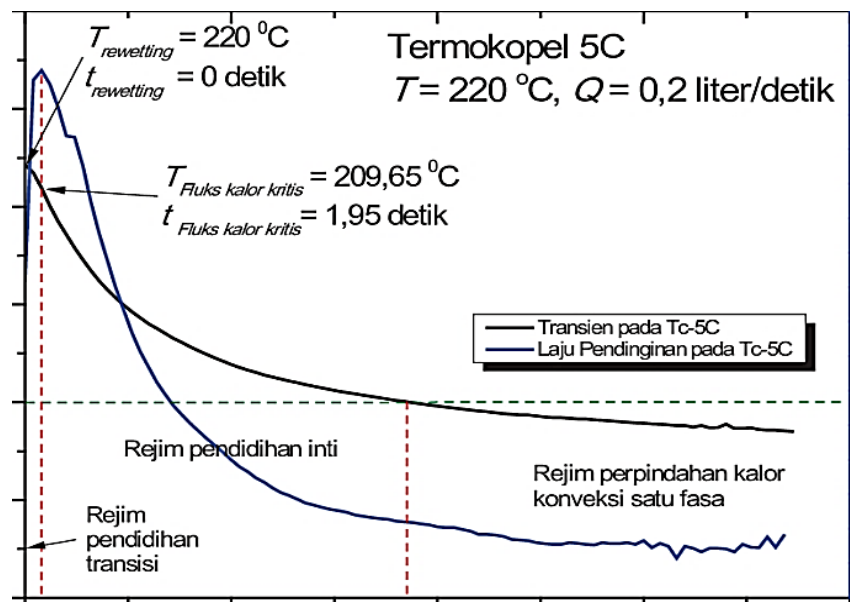
Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya, kandungan karbon maksimum dari baja adalah 2,1% (Hidayat, 2019). Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengeras. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan (*manganese*), krom (*chromium*), vanadium dan nikel. Dengan bervariasi kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja biasa didapatkan.

Baja mempunyai kekuatan tarik yang tinggi, antara 40 – 200 kg/mm<sup>2</sup>. Di samping itu baja juga mempunyai sifat keras dan ulet. Dengan kombinasi sifat tersebut baja mempunyai kekuatan yang cukup tinggi. Sifat-sifat baja dapat diatur dengan pengaturan komposisi kimianya, terutama kadar karbonnya. Semakin tinggi

kadar karbon dalam baja, semakin tinggi kekuatannya serta kekerasannya, sementara keuletannya berkurang. Di samping itu sifat-sifat baja dapat diatur dengan rekayasa struktur mikro dengan melalui proses perlakuan panas (*heat treatment*).

Pengaruh pada segi kekuatan, sifat yang dibentuk, dan segikekerasan berasal dari kandungan utama karbon yang terkandung dalam baja. Pengaruh turunnya keuletan dan menjadikan baja menjadi getas juga factor penambahan karbon.

Dalam bidang industry, baja menjadi bahan dasar yang sangat penting. Pengaplikasian baja juga terdapat pada jembatan, transportasi, kerangka gedung, oeralatan dapur dan generator. Hampir 95% semua produk dan peralatan memanfaatkan berbahan baja dalam kehidupan manusia. Oleh karena itu di antara barang logam dan tambang, baja mendominasi menjadi peringkat pertama eksplotasi besi baja.



Gambar 2. 1 Kurva Laju-Invers untuk baja SAE 1020  
(Putra 2021)

Perubahan alotropik adalah perubahan reversibel dalam struktur atom logam yang diikuti oleh perubahan sifat. Ini dikenal sebagai perubahan titik kritis. Karena perawatan panas baja membutuhkan pemanasan di luar, perubahan pada titik-titik ini harus diamati. Baja tidak dapat dikeraskan kecuali dipanaskan di atas kisaran kritis bawah (dan kadang-kadang di atas kisaran kritis atas).

### **2.3. Baja Karbon**

Baja karbon terdiri dari besi dan karbon. Karbon merupakan unsur pengeras besi yang efektif. Oleh karena itu, pada umumnya sebagian besar baja hanya mengandung karbon dengan sedikit unsur paduan lainnya. Perbedaan persentase kandungan karbon dalam campuran logam baja menjadi salah satu pengklasifikasian baja (Firdaus et al., 2020a). Berdasarkan kandungan karbon baja dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

#### **1.3.1 Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)**

Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung karbon kurang dari 0,3%C, baja karbon rendah merupakan baja yang paling mudah diproduksi diantara karbon yang lain, mudah di *machining* dan dilas, serta keuletan dan ketangguhannya sangat tinggi tetapi kekerasannya rendah dan tahan aus. Sehingga pada penggunaannya baja jenis ini dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen bodi mobil, struktur bangunan, pipa gedung, jembatan kaleng, pagar, dan lain-lain.

#### **1.3.2 Baja Karbon Menengah (*Medium Carbon Steel*)**

Baja karbon menengah adalah baja yang mengandung karbon 0,3%C - 0,6%C. Baja karbon menengah memiliki kelebihan jika dibandingkan

dengan baja karbon rendah yaitu kekerasannya lebih tinggi dari pada baja karbon rendah, kekuatan tarik dan batas regang yang tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin, lebih susah dilakukan untuk pengelasan, dan dapat dikeraskan dengan baik. Baja karbon menengah banyak digunakan untuk poros, rel kereta api, roda gigi, pegas, baut, komponen mesin yang membutuhkan kekuatan tinggi, dan lain-lain.

### 1.3.3 Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung kandungan karbon 0,6%C – 1,7%C dan memiliki tahanan panas yang tinggi, kekerasannya tinggi namun keuletannya lebih rendah. Baja karbon tinggi mempunyai kuat tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk material perkakas (*tools*). Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas dan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji atau pahat potong. Selain itu, baja jenis ini banyak digunakan untuk keperluan industri lain seperti pembuatan kikir, pisau cukur, mata gergaji, dan lain sebagainya.

## 2.4. Sifat Material

Setiap material tentunya memiliki sifat-sifat tertentu. Sifat-sifat tersebut mampu menentukan apakah material itu kuat, tangguh, ulet, dan sebagainya. Semakin baik suatu material, maka material tersebut akan memiliki nilai komersial yang tinggi pula. Material memiliki sifat diantaranya sifat mekanik yaitu sifat yang menyatakan kemampuan suatu material/komponen untuk menerima beban, gaya dan

energi tanpa menimbulkan kerusakan pada material/komponen tersebut(Hidayat, 2019).

#### 2.4.1 Sifat Mekanik

Sifat mekanik material merupakan salah satu faktor terpenting yang mendasari pemilihan bahan dalam suatu perancangan. Sifat mekanik dapat diartikan sebagai respon atau perilaku suatu material terhadap pembebanan yang diberikan berupa gaya, torsi atau gabungan keduanya. Sifat mekanik adalah sifat yang menunjukkan kelakuan material apabila material tersebut diberi beban mekanik (statis atau dinamik).

#### 2.4.2 Sifat Fisik

Sifat fisik adalah sifat material yang bukan disebabkan oleh pembebanan seperti pengaruh pendinginan, pemanasan, dan pengaruh arus listrik yang mengarah pada struktur suatu material. Sifat fisik material antara lain: konduktivitas panas, temperature cair, dan panas spesifik.

#### 2.4.3 Sifat Teknologi

Sifat teknologi yaitu kemampuan material untuk dibentuk atau diproses. Sifat teknologi material antara lain: mampu mesin, mampu cor, mampu las, dan mampu bentuk.

### 2.5. Sifat Mekanis

Sifat mekanik suatu bahan sangat penting untuk diketahui, karena akan menentukan seberapa kuat, tahan lama, dan fleksibel suatu struktur yang terbuat dari baja. Setiap sifat mekanik dapat diuji dengan menggunakan peralatan mekanik dan dievaluasi untuk menentukan kegunaan baja(Hidayat, 2019).

Sifat mekanik suatu bahan antara lain:

#### 2.5.1 Kekuatan (*Strength*)

Kekuatan merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan material menjadi patah. Berdasarkan pada jenis beban yang bekerja, kekuatan dibagi dalam beberapa macam yaitu kekuatan tarik, kekuatan gesar, kekuatan tekan, kekuatan torsi, dan kekuatan lengkung.

#### 2.5.2 Kekakuan (*Stiffness*)

Kekakuan adalah kemampuan suatu material untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya deformasi atau fleksi.

#### 2.5.3 Kekenyalan (*Elasticity*)

Didefinisikan sebagai kemampuan material untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan, atau dengan kata lain kemampuan material untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah mengalami deformasi (perubahan bentuk).

#### 2.5.4 Plastisitas (*Plasticity*)

Plastisitas adalah kemampuan material untuk mengalami deformasi plastik (perubahan bentuk secara permanen) tanpa mengalami kerusakan. Material yang mempunyai plastisitas tinggi dikatakan sebagai material yang ulet (*ductile*), sedangkan material yang mempunyai plastisitas rendah dikatakan sebagai material yang getas (*brittle*).

#### 2.5.5 Keuletan (*Ductility*)

Keuletan adalah suatu sifat material yang digambarkan seperti kabel dengan aplikasi kekuatan tarik. Material *ductile* ini harus kuat dan lentur.

Keuletan biasanya diukur dengan suatu periode tertentu, persentase keregangan. Sifat ini biasanya digunakan dalam bidang perteknikan, dan bahan yang memiliki sifat ini antara lain besi lunak, tembaga, aluminium, nikel dll.

#### 2.5.6 Ketangguhan (*Toughness*)

Ketangguhan merupakan kemampuan material untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.

#### 2.5.7 Kegetasan (*Brittleness*)

Kegetasan adalah suatu sifat bahan yang mempunyai sifat berlawanan dengan keuletan. Kerapuhan ini merupakan suatu sifat pecah dari suatu material dengan sedikit gesekan permanent. Material yang rapuh ini juga menjadi sasaran pada beban regang, tanpa memberi regangan yang terlalu besar. Contoh bahan yang memiliki sifat kerapuhan ini yaitu besi cor.

#### 2.5.8 Kelelahan (*Fatigue*)

Kelelahan merupakan kecenderungan dari logam untuk menjadi patah bila menerima beban bolak-balik (*dynamic load*) yang besarnya masih jauh di bawah batas kekakuan elastisnya.

#### 2.5.9 Melar (*creep*)

Melar merupakan kecenderungan suatu logam untuk mengalami deformasi plastik bila pembebanan yang besarnya relatif tetap dilakukan dalam waktu yang lama pada suhu yang tinggi.

#### 2.5.10 Kekerasan (*hardness*)

Kekerasan merupakan ketahanan terhadap penekanan atau indentasi/penetrasi. Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan aus (*wear resistance*) yaitu ketahanan material terhadap penggoresan atau pengikisan.

## 2.6. Kekerasan

Kekerasan logam didefinisikan sebagai ketahanan terhadap penetrasi, dan memberikan indikasi cepat mengenai perilaku deformasi. Alat uji kekerasan menekan bola kecil, piramida atau kerucut ke permukaan logam dengan beban tertentu, dan bilangan kekerasan (*Brinell* atau piramida *Vickers*) diperoleh dari diameter jejak. Kekerasan dapat dihubungkan dengan kekuatan luluh atau kekuatan tarik logam. Karena sewaktu indentasi, material di sekitar jejak mengalami deformasi plastis mencapai beberapa persen regangan tertentu (Purnomo et al., 2019).

Secara garis besar terdapat tiga metode pengujian kekerasan logam yaitu *Rockwell*, *Brinell*, dan *Vickers*. Pengujian kekerasan *Vickers* banyak dilakukan pada penelitian karena hasil dari pengukuran kekerasan *Vickers* tidak tergantung pada besarnya gaya tekan seperti pada pengujian *Brinell*, jadi dengan gaya yang berbeda-beda akan tetap diperoleh nilai kekerasan yang sama. Pengujian kekerasan *Vickers* juga akan menghasilkan nilai kekerasan yang relatif kontinyu untuk suatu beban tertentu (Purnomo et al., 2019). Pada penelitian ini menggunakan metode yang paling umum dipakai yaitu *Rockwell* (dengan indentor bola baja berdiameter 1/16 inci dan beban 100kg).

Nilai kekerasan dengan metode rockwell suatu material dirumuskan sebagai berikut:



$$HRb = 130(h/0.002) \dots \dots \dots (2.1)$$

$$HRc = 100 - (jam/0,002) \dots \dots \dots (2.2)$$

$$e = h/0,002 \text{ mm}$$

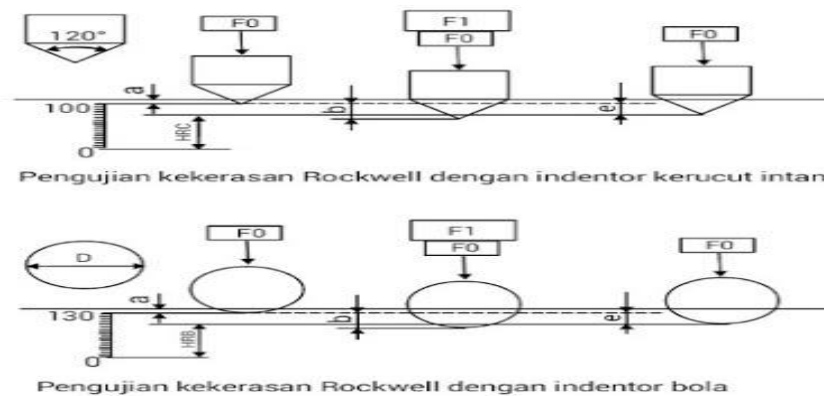
Keterangan:

HRb = nilai kekerasan untuk indentor intan

HRc = nilai kekerasan untuk indentor bola

e = kedalaman penetrasi

Di dalam prakteknya angka kekerasan *Rockwell* dapat dibaca langsung pada jam ukur (dial gage), atau ditampilkan pada layar jika menggunakan mesin pengujian kekerasan *Rockwell* digital.



Gambar 2. 2 Pengujian kekerasan *Rockwell* memakai indentor intan dan bola  
(Istiqlahiyah, 2016)

Keterangan:

F0 = beban pendahuluan (beban minor)

F1 = beban utama (beban mayor)

a = kedalaman penetrasi oleh beban minor

b = kedalaman penetrasi oleh beban total (F0 + F1)

e = kedalaman penetrasi setelah beban utama dilepaskan

## 2.7. *Carburizing*

*Carburizing* adalah proses dimana benda dikeraskan pada kulitnya dengan cara menambahkan karbon kepermukaan benda, karburising dilakukan dengan cara memanaskan benda kerja dalam lingkungan yang banyak mengandung karbon aktif, sehingga karbon berdifusi masuk ke permukaan baja. Carburizing merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam memperbaiki sifat kekerasan permukaan baja karbon rendah (Nurlina et al., 2020).

## 2.8. *Pack Carburizing*

Proses karburasi padat (*pack carburizing*) merupakan proses perlakuan panas dimana proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat fisis dan mekanis logam tersebut. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dapat dikurangi, besar butir dapat diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dihasilkan suatu permukaan yang keras di sekeliling inti yang ulet. Laju pendinginan merupakan factor pengendali, dimana pendinginan yang lebih cepat dari pada pendinginan kritis akan menghasilkan struktur yang keras sedangkan pendinginan yang lambat akan menghasilkan struktur yang lebih lunak. Untuk memungkinkan perlakuan panas yang tepat, maka komposisi kimia baja harus diketahui karena perubahan kimia, khususnya unsur karbon dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat fisis dan sifat mekanis. Secara umum selain unsur karbon baja mengandung nikel (Ni), chromium (Cr), mangan (Mn), molybdenum (Mo), tungsten/wolfram (W), silikon (Si), vanadium (V), tembaga (Cu), belerang (S), seng (Sn) dan phosphor (P) dengan kadar yang berbeda (Nitha, 2021).

## 2.9. Case Depth

*Case depth* adalah kedalaman masuknya karbon pada material baja karbon rendah yang telah di *carburizing* dan jarak yang di ukur tegak lurus terhadap permukaan baja yang telah atau sebelum mengalami proses pengerasan menuju ke inti material dimana kekerasan awal dari material.

Case depth juga ditentukan melauai pengukuran kekerasan mikro terhadap penampang melintang benda yang di karburasi.

$$Case\ depth = \frac{31,6\sqrt{t}}{10^{(6700/T)}}\ (mm) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

T = temperatur *carburizing* (*Rangkinge*)

t = waktu (jam)

## 2.10. Jurnal Rujukan

1. (Nitha, 2021) Pengaruh proses *pack carburizing* arang tulang kerbau terhadap sifat mekanik baja karbon.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh terhadap arang tulang kerbau sebagai *energizer* terhadap kekerasan, kekuatan tarik dan keausan baja karbon rendah dan sedang. Arang tilang kerbau yang digunakan ukuran mesh 20 dan 30 dan persentase volume arang dan barium carbonat 60%ATK+40%BaCO<sub>3</sub>, 70%ATK+30% BaCO<sub>3</sub>, 80%ATK+20%BaCO<sub>3</sub> yang dipanaskan dalam tungku pada suhu 850°C dan 950°C digunakan untuk sumber karbon pada baja kerbon rendah dan sedang untuk mengetahui pengaruh proses pack carburizing terhadap kekerasan, keausan dan kekuatan tarik baja karbon. Hasil penelitian menunjukan kekerasan mengalami peningkatan, untuk baja kerbon rendah pada temperature pemanas

850°C, mesh 20 dan 80%ATK+20%BaCO<sub>3</sub> yakni 318,749kg/mm<sup>2</sup>, sedangkan baja karbon sedang pada mesh 20 persentase pemanasan 850°C dan 80%ATK+20%BaCO<sub>3</sub> yakni 400,738 kg/mm<sup>2</sup> untuk pengujian keausan mengalami peningkatan dimana pada mesh 30 dengan temperature pemanasan 950°C dan 80%ATK+20%BaCO<sub>3</sub> yakni 0,00019913 gram/det pada baja karbon rendah sedangkan pada baja karbon sedang pada mesh 20 dengan temperatur pemanasan 850°C dan 80%ATK +20%BaCO<sub>3</sub> yakni 0,0004297 gram/det. Hasil pengujian tarik mengalami peningkatan dimana dengan temperatur 950°C dan 80%ATK+Baco<sub>3</sub> yakni 1806,432 N/mm<sup>2</sup> sedangkan baja karbon sedang pada mesh 30 dengan temperatur pemanasan 850°C dan 80%ATK+20%BaCO<sub>3</sub> yakni 2199,579N/mm<sup>2</sup>.

2. (Firdaus et al., 2020b) Pengaruh temperatur karburasi padat terhadap kekerasan baja ST 37 dengan media arang batok kelapa.

Baja mempunyai peranan yang sangat penting dalam bidang industri maupun otomotif, sebagian besar bahan utamanya terbuat dari baja. Contohnya seperti roda gigi, roda gigi termasuk kedalam golongan baja karbon rendah. Baja ini dapat ditingkatkan lagi kekerasannya dengan cara dilakukan proses perlakuan panas dengan metode karburasi. Karburasi ialah proses penambahan unsur karbon yang tujuannya untuk menambah kandungan karbon agar bisa ditingkatkan lagi kekerasannya di area permukaan baja. Agar mendapatkan struktur mikro dan sifat baja yang diinginkan pada logam tersebut, dapat diperoleh melalui temperatur pada fasa austenite yang kemudian di dinginkan dengan pendinginan cepat sehingga dapat menghasilkan fasa martensite. Baja ST37 mempunyai karakteristik mudah dibentuk, ketangguhan dan keuletannya yang tinggi tetapi mempunyai kekerasannya

yang rendah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kekerasan baja ST37 sebelum dan sesudah proses karburasi padat yang menggunakan media arang batok kelapa sebagai penambah unsur karbon dan barium karbonat sebagai katalis, dengan waktu pemanasan masing-masing yaitu 850°C, 880°C, dan 930°C yang kemudian di quenching dengan media oli. Dan hasil kekerasan baja maksimum dicapai pada temperatur 930°C.

3. (Purnomo et al., 2019) Analisa pengaruh *holding time tempering* terhadap kekerasan, keuletan, ketangguhan dan struktur mikro pada baja ST 70.

Baja karbon sering digunakan dalam industri perkapalan dan memiliki aplikasi yang luas karena mempunyai kemampuan work hardening dan ketahanan destruktif yang baik setelah menerima perlakuan panas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kekerasan, nilai tarik, kuat impact (ketangguhan) dan perubahan struktur mikro pada baja jenis medium carbon steel ST 70 setelah perlakuan panas tempering, sehingga hasilnya dapat diaplikasikan dilapangan. Metode yang digunakan yaitu baja diberi perlakuan panas quenching pada suhu +850o C ditahan 30 menit kemudian dilanjutkan dengan tempering pada suhu +450o C ditahan selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi terdapat pada baja ST 70 perlakuan panas tempering 1 jam dengan kenaikan nilai kekerasan sebesar 25,85% dari baja ST 70 tanpa perlakuan panas, nilai tarik tertinggi terdapat pada baja ST 70 perlakuan panas tempering 3 jam dengan kenaikan nilai tarik sebesar 38,60% dari baja ST 70 tanpa perlakuan panas, nilai impact tertinggi terdapat pada baja ST 70 perlakuan panas tempering 2

jam dengan penurunan nilai impact sebesar 45,01% dari baja ST 70 tanpa perlakuan panas.

4. (Fatoni, n.d. 2016) Pengaruh perlakuan panas terhadap sifat kekerasan baja paduan rendah untuk bahan pisau penyayat batang karet.

Penelitian ini didasarkan adanya keluhan dari petani penyadap karet yang mengeluhkan pisau penyadapnya sering aus, rompal dan retak. Sehingga peneliti mencoba mencari jalan keluarnya dengan membuat pisau baru dari bahan pegas daun mobil (Per bekas). Spesimen dalam penelitian ini ialah pisau penyayat yang di potong bagian pisaunya, jumlah spesimen adalah 7 buah, salah satunya benda yang telah di pakai, 1 buah dari pandai besi dan 5 buah dibuat sendiri diberi perlakuan panas dengan temperatur bervariasi dari 810 °C, 820 °C, 830 °C, 840 °C dan 850 °C. Selanjutnya di lakukan proses quenching dan pengujian kekerasan dengan alat Uji Rockwell, serta struktur mikro. Data hasil penelitian di analisa dengan teknik deskriptif dan hasil analisa di tampilkan dalam bentuk diagram batang. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian kekerasan akibat didinginkan laju pendinginan air lebih cepat, karbon yang terjebak dari struktur austenit (FCC) berubah menjadi martensit (BCT) lebih banyak dan austenite sisa pada temperatur kamar yang tidak sempat bertransformasi menjadi martensit lebih sedikit. hal inilah yang menyebabkan kekerasan dengan pendingin menggunakan air terjadi.

5. (Nurlina et al., 2020) Pengaruh variasi *tempering* dan *holding time pack carburizing* menggunakan media arang serbuk gergaji kayu jati terhadap peningkatan sifat mekanis baja karbon rendah untuk material pisau

Penurunan mutu baja yang disebabkan berbagai hal merupakan permasalahan yang sering terjadi dalam dunia industri. Baja yang beredar di pasaran mempunyai sifat lelah yang berbeda-beda. Sifat lelah tersebut mempengaruhi umur pakai baja. Peningkatan sifat mekanis dan fisis dilakukan untuk meningkatkan umur pakai baja menjadi dengan menggunakan berbagai teknik rekayasa sifat fisis dan mekanis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan komposisi tepat dari baja karbon rendah yang dapat diimplementasikan untuk pembuatan pisau TTG (Teknologi Tepat Guna) yang tajam namun tidak gampang patah. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Material Politeknik Negeri Malang di Kota Kediri. Variabel penelitian ini adalah suhu, waktu penahanan, media carburizing. Sedangkan sampelnya adalah suhu 8500C, 9000C, dan 9500C, waktu penahanan 30 menit, 60 menit, dan 90 menit, serta media carburizing serbuk gergaji kayu jati. Variabel tetap yang dipakai yaitu baja karbon rendah dan media carburizing arang serbuk gergaji kayu jati. Sedangkan variabel bebasnya adalah variasi temperature dan holding time. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai uji kekerasan tertinggi terdapat pada holding time 30 menit dengan temperature carburizing 9500C yaitu 180.1 HRB (Hardness Rockwell B). Sedangkan nilai uji kekerasan terendah terdapat pada holding time 90 menit dengan temperature carburizing yaitu 177.1 HRB (Hardness Rockwell B).