

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab 2 tinjauan pustaka akan dijelaskan mengenai keterkaitan beberapa referensi terhadap penelitian “Analisis Pengaruh Proses Manufaktur Terhadap Sifat Mekanik, Komposisi, dan Struktur Mikro Mandau Kabupaten Penajam Paser Utara“

### 2.1. Mandau

Bilah merupakan bagian utama dari sebuah mandau, serta terdapat beberapa bagian yang tidak sama untuk setiap bilahnya, yang biasanya disebut dapur (penamaan keragaman bentuk bilah) yang berjumlah puluhan dapur. Pada pangkal bilah terdapat pesi, yang merupakan ujung bawah sebilah mandau atau tangkai mandau. Bagian inilah yang masuk ke pegangan mandau (kepala burung enggang). Pesi ini panjangnya antara 5 cm sampai 7 cm, dengan penampang sekitar 0,5 cm sampai 1,5 cm, bentuknya persegi panjang (dalam keris disebut paksi). Di tengahnya terdapat lubang pesi (bulat) persis untuk memasukkan pesi. Pada bagian ini mirip dengan keberadaan keris yaitu sebagai berikut: kesatuan pesi dan lubang pesi, melambangkan kesatuan lingga dan yoni, dimana ganja mewakili lambang yoni sedangkan pesi melambangkan lingganya. Ganja ini sepintas berbentuk cecak, bagian depannya disebut sirah cecak, bagian lehernya disebut gulu meled, bagian perut disebut wetengan dan ekornya disebut sebit ron. Ragam bentuk ganja ada bermacam-macam, wilut, dungkul, kelap lintah dan sebit rontal. Bilah mandau (Luk dalam keris), adalah bagian yang membentuk bilah dari pangkal ke ujung. Demikian banyak terdapat variasi bentuk bilah namun pada umumnya memiliki kesamaan. Bagian punggung memiliki hiasan merupakan pengulangan huruf S yang dicorkan pada bilah. Pada bagian hiasan S terbalik disertakan hiasan berupa titik-titik dari pangkal hingga ujung bilah. Motif huruf S atau huruf S terbalik ini, simbol dari bentuk paradok laki- perempuan yang bermakna jamak, seperti langit bumi, terang gelap, hulu hilir, basah kering, suami isteri. Pihak kawan pihak lawan dan seterusnya. Sedangkan, makna simboliknya adalah laki-laki sebagai mati,

perang, lawan dan perempuan sebagai hidup, damai, kawan (Jakob Sumardjo, 2006)

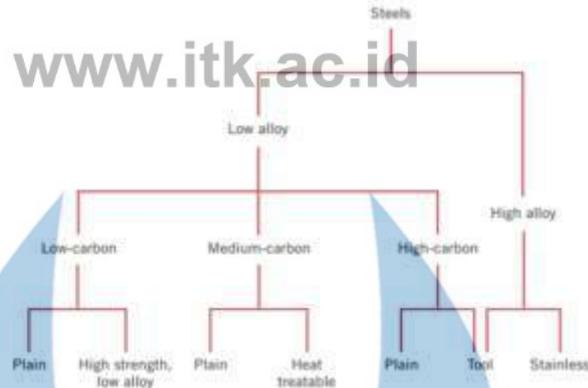
[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)

Hampir seluruh orang-orang dayak di Kalimantan terutama yang tinggal di pedalaman memiliki kesamaan corak kebudayaan. Salah satunya adalah alat perang berupa senjata tradisional parang atau mandau. Mandau adalah salah satu senjata tradisional Kalimantan, seperti halnya di Madura dikenal dengan senjata genggam celurit, di Jawa Barat kujang, golok dan di Jawa keris (beberapa daerah). Sebagaimana senjata tradisional daerah-daerah lainnya mandau ada yang dibuat sebagai alat kebutuhan sehari-hari dan ada pula yang dibuat khusus untuk kegiatan yang bersifat ritual atau alat upacara tradisi atau tari-tarian. Pada perkembangan sekarang ini mandau banyak pula dijadikan sebagai hiasan atau souvenir. Melihat dari latar belakang kehidupan atau mata pencaharian suku dayak serta kondisi tempat kediamannya senjata mandau dapat diyakini sebagai alat kebutuhan sehari-hari dan senjata yang memiliki kekuatan gaib atau memiliki nilai-nilai spiritual. Mandau sebagai alat kebutuhan sehari-hari dimana suku dayak hidup berada dilingkungan hutan (mata pencaharian dari berburu dan berladang, membuka hutan atau semi berpindah tempat) dan sungai-sungai yang memerlukan senjata cukup panjang, tajam dan kuat (Santosa & Bahtiar, 2016).

## 2.2. Baja

Baja terdiri dari besi dan karbon, mempunyai sifat khusus yang didapat dengan memasukkan elemen paduan tambahan. Baja tahan karat adalah salah satu bahan teknik terpenting. Baja tahan karat adalah baja paduan yang mengandung lebih dari 12 persen Cr. Chromium membentuk film oksida pasif di permukaan, yang membuat paduan ini tahan terhadap korosi di berbagai lingkungan kimia (Wranglén, 1985).

[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)



Gambar 2. 1 Klasifikasi Baja Paduan (Callister,2014)

Pada gambar 2.1 adalah gambar klasifikasi baja paduan. Pada gambar tersebut terlihat bahwa baja paduan rendah terdiri dari baja karbon rendah, menengah dan tinggi. Sedangkan baja paduan tinggi terdiri dari *tool steel* (baja perkakas) dan *stainless steel* (Callister, Jr., 2014).

*Low carbon steel* mempunyai kadar karbon hingga 0,2%. Pengaplikasiannya sangat luas dapat digunakan sebagai baja pada konstruksi umum, sebagai rangka kendaraan, mur baut, pipa dan lain-lain. Baja jenis ini mempunyai kekuatan yang relatif rendah, mempunyai keuletan yang tinggi, dan mudah dalam proses pembentukannya (Suarsana, 2014).

*Medium carbon steel* mempunyai kadar karbon berkisar antara 0,25-0,55%. Baja jenis ini lebih kuat dan keras. Pengaplikasiannya tidak jauh berbeda dengan low carbon steel tetapi pada baja jenis ini diaplikasikan pada aplikasi yang membutuhkan kekuatan serta ketangguhan yang lebih tinggi seperti contoh baja konstruksi mesin, roda gigi dan lain-lain (Suarsana, 2014).

*High carbon steel* mempunyai kadar karbon lebih dari 0,55%. Baja jenis mempunyai kekuatan dan kekerasan yang tinggi namun memiliki keuletan dan ketangguhan rendah. Pengaplikasian dari baja jenis ini biasanya digunakan sebagai baja perkakas yang membutuhkan sifat tahan aus seperti mata bor dan perkakas tangan lainnya (Suarsana, 2014).

*Low alloy steel* merupakan baja paduan yang mempunyai unsur paduan rendah. Baja paduan ini memiliki hardenability dan sifat tahan korosis yang lebih baik serta banyak digunakan untuk baja konstruksi mesin. Sedangkan high alloy

steel merupakan baja paduan dengan unsur paduan yang tinggi serta mempunyai sifat khusus seperti baja tahan karat dan baja tahan panas (Suarsana, 2014).

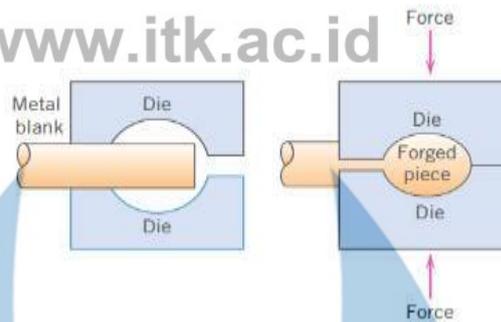
Baja dengan tambahan beberapa unsur paduan disebut baja paduan. Tujuan dari ditambahkannya unsur paduan tersebut antara lain (Suarsana, 2014):

1. Meningkatkan *hardenability*
2. Memperbaiki kekuatan pada temperatur biasa
3. Memperbaiki sifat mekanik pada temperatur rendah atau tinggi
4. Memperbaiki ketangguhan pada tingkat kekuatan atau kekerasan tertentu
5. Meningkatkan sifat tahan aus
6. Meningkatkan sifat tahan korosi
7. Meningkatkan sifat kemagnetan (Suarsana, 2014)

Baja adalah istilah umum untuk paduan besi-karbon yang dapat dibentuk dalam kisaran suhu tertentu setelah pemadatan dari keadaan cair. Bahan baku utama yang digunakan dalam pembuatan baja adalah bijih besi, batu bara, dan batu kapur. Bahan-bahan ini diubah dalam tanur menjadi produk yang dikenal sebagai pig iron, yang mengandung karbon dalam jumlah besar (di atas 1,5%), mangan, belerang, fosfor dan silikon. Pig iron keras, rapuh dan tidak cocok untuk diproses langsung menjadi bentuk tempa. Baja dapat dicor untuk dibentuk melalui pengerjaan panas yang dikerjakan dengan rolling, forging, extrusion, atau proses lain ke dalam bentuk penggilingan tempa. Baja tempa adalah bahan teknik yang paling banyak digunakan, menawarkan banyak bentuk, hasil akhir, kekuatan dan rentang suhu yang dapat digunakan. Tidak ada bahan lain yang menawarkan keserbagunaan yang sebanding untuk desain produk (G.L Huyyet, 2004).

### **2.3. Forging**

Penempaan secara mekanis bekerja dengan merusak satu bagian logam dengan pemberian panas yang dilakukan dengan pemberian pukulan secara terus menerus. Penempaan dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu *open die forging* dan *closed die forging*. Beberapa aplikasi hasil dari penempaan yaitu kunci pas, poros engkol dan *connecting rod* (Callister, 2014)



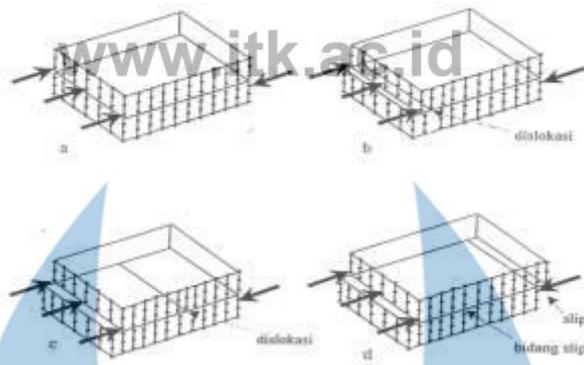
Gambar 2. 2 Prinsip Forging (Callister,2014)

*Forging* atau penempaan merupakan proses pengerjaan dengan cara membentuk material menggunakan beban tekan atau beban *impact* (Bharti, 2016).

Pada zaman sekarang, penempaan merupakan proses manufaktur yang penting untuk membuat komponen-komponen material yang memiliki kekuatan tinggi untuk pengaplikasian dibidang *automotive*, penerbangan dan aplikasi lainnya. Kebanyakan penempaan dilakukan dengan temperatur tinggi untuk membentuk sebuah material karna dapat mengurangi kekuatan dan meningkatkan keuletan saat pengerjaannya. Namun ada beberapa produk yang dikerjakan menggunakan temperatur ruangan. Terdapat 3 jenis proses penempaan yaitu *open die forging*, *impression die forging*, *flashless forging* (Groover, 2010).

#### 2.4. Deformasi Plastis

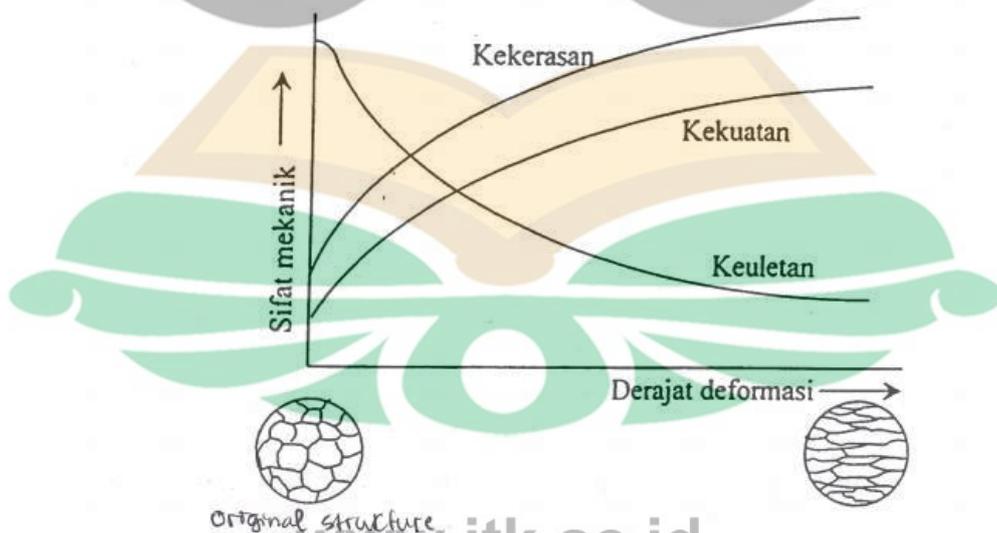
Logam dapat berdeformasi plastis bila menerima gaya mekanik yang cukup besar. Gaya yang bekerja pada benda tentunya akan diterima juga oleh kristal yang akan mendorong barisan atom dalam kristal yang dapat memutus ikatan antar atom dari barisan atom (Suherman,2003)



Gambar 2. 3 Tahapan Terjadinya Deformasi Plastis (Suherman,2003)

Gambar 2.3 merupakan tahapan terjadinya deformasi plastis pada logam. Dalam logam ikatan antar atom dapat terjadi antara atom yang saling berdekatan dan dapat terlepas bila jaraknya membesar. Gambar a memperlihatkan bagian dari kristal yang menerima gaya. Dengan gaya yang cukup besar ikatan antar baris atom antara baris atom pertama dan kedua bagian terputus dengan bagian bawah pada gambar b, sedangkan baris kedua bagian atas tidak ada sambungannya. Ini dinamakan dislokasi. Dengan mekanisme yang sama dislokasi ini akan bergeser terus sampai ke ujung kristal (Suherman,2003)

Perubahan sifat mekanik yang terjadi karena deformasi ini tergantung seberapa banyak deformasi yang dilakukan (derajat deformasi). Makin tinggi derajat deformasi yang dilakukan makin tinggi kenaikan kekuatan dan kekerasan, makin besar penurunan keuletannya, dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 2. 4 Pengaruh derajat deformasi terhadap sifat mekanik dan bentuk butir (Suherman,2003)

## 2.5. Perlakuan Panas

*Heat Treatment* (perlakuan panas) adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan spesimen pada elektrik furnace (tungku) pada temperatur rekristalisasi selama periode waktu tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin seperti udara, air, air garam, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda. Sifat-sifat logam yang terutama sifat mekanik sangat dipengaruhi oleh struktur mikro logam disamping posisi kimianya, contohnya suatu logam atau paduan akan mempunyai sifat mekanis yang berbeda-beda jika struktur mikronya diubah (Schomentz and Gruber, 1994).

Tujuan proses perlakuan panas antara lain dapat meningkatkan keuletan, menghilangkan internal stress dan penyempurnaan ukuran butir. Keuntungan dari proses perlakuan panas antara lain dapat meningkatkan *machineability*, mengubah sifat magnetik, meningkatkan ketangguhan dan mengembangkan struktur rekristalisasi pada *cold-worked metal*. Faktor yang dapat mempengaruhi proses perlakuan panas adalah temperatur, *holding time*, laju pemanasan, dan proses pendinginan (Rajan, 1997).

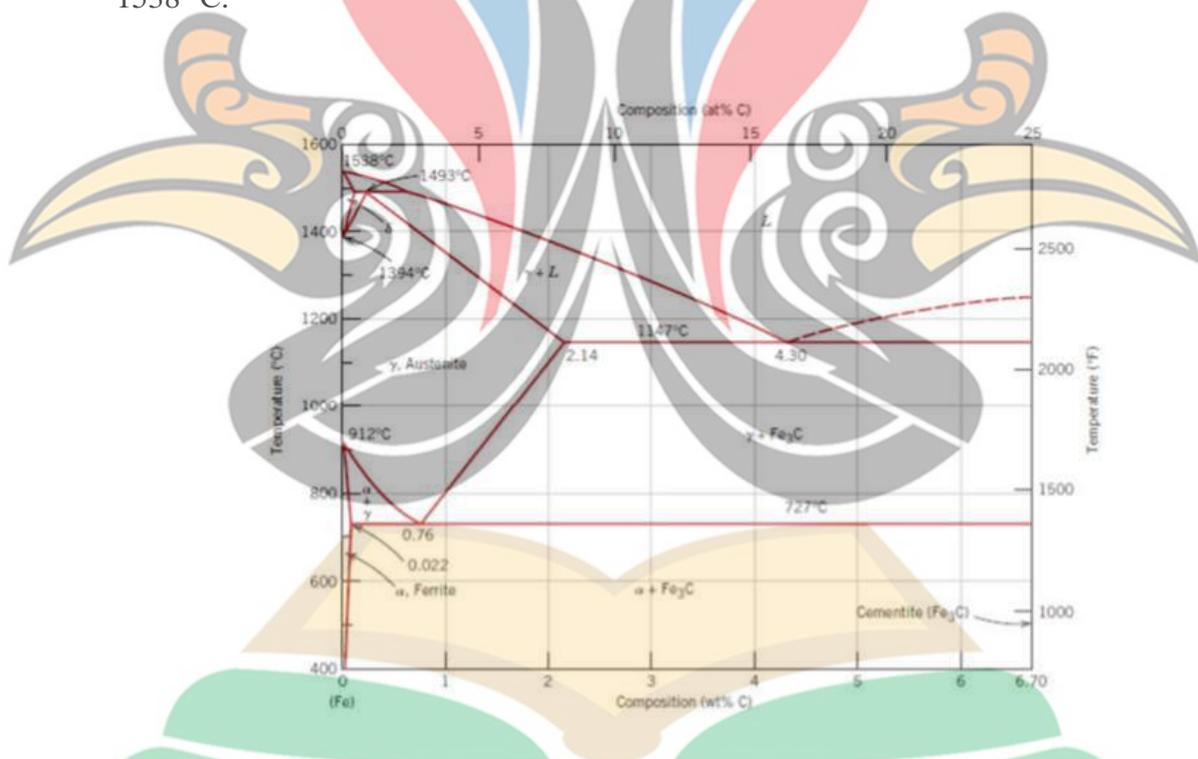
## 2.6. Quenching

*Quenching* adalah proses heat treatment yang dilakukan dengan cara memanaskan baja hingga mencapai temperatur austenitisasi (815 – 950 °C) dan kemudian didinginkan secara cepat. Pendinginan cepat yang umumnya dilakukan pada proses *quenching* adalah dengan mencelupkan kedalam air atau minyak. Sebagai hasilnya diperoleh produk yang memiliki mikrostruktur yang dikeraskan (as-quenched) dan sifat mekanis seperti kekerasan dan kekuatan yang meningkat. Keefektifan *quenching* tergantung pada sifat pendinginan dari media *quench* dan juga kemampuan kekerasan dari baja (ASM International, 1991).

## 2.7. Diagram Fe – Fe<sub>3</sub>C

Gambar 2.3 adalah gambar diagram Fe-Fe<sub>3</sub>C yang umumnya digunakan sebagai acuan untuk menentukan fasa yang terdapat pada baja karbon yang dipanaskan di

temperatur tertentu berdasarkan kadar karbon yang dimiliki oleh baja tersebut. Diagram fasa tersebut hanya berlaku untuk perlakuan panas pada baja hingga mencair dengan proses pendinginan secara perlahan-lahan sedangkan pada proses pendinginan cepat, menggunakan diagram CCT (*Continuous Cooling Temperature*). Pada gambar dibawah ini sumbu komposisi mempunyai batas hingga 6,70% berat karbon. Pada konsentrasi ini terbentuk senyawa antara besi karbida atau disebut sementit ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) yang diwakili oleh garis vertikal pada diagram. Besi murni mengalami perubahan struktur kristal sebelum meleleh. Pada temperatur kamar berbentuk stabil yang disebut ferit dan memiliki struktur kristal BCC. Ferit mengalami transformasi polimorfik menjadi austenit (FCC) pada temperatur 912 °C. Austenit ini bertahan hingga temperatur 1394 °C, dimana temperatur austenit FCC kembali ke BCC dan akhirnya meleleh pada temperatur 1538 °C.



Gambar 2. 5 Diagram Fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C (Callister,2014)

## 2.8. Sifat Mekanik Material

Sifat mekanik material merupakan kemampuan suatu material untuk menerima beban, gaya, energi tanpa menimbulkan kerusakan pada material tersebut. Berikut merupakan beberapa sifat mekanik material antara lain:

- www.itk.ac.id
1. Kekuatan adalah kemampuan material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan material tersebut menjadi patah. Terdapat beberapa jenis kekuatan yang bergantung pada beban yang bekerja seperti kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, dan kekuatan lengkung (Suarsana, 2014).
  2. Kekerasan adalah kemampuan material untuk tahan terhadap goresan, indentasi atau penetrasi. Kekerasan mempunyai hubungan dengan kekuatan. Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan aus (Suarsana, 2014).
  3. Kelenturan adalah kemampuan material untuk menerima beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Kelenturan mempunyai arti kemampuan material untuk kembali ke bentuk semula setelah menerima beban yang menimbulkan deformasi (Suarsana, 2014)
  4. Kekakuan adalah kemampuan material menerima tegangan atau beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk atau deformasi (Suarsana, 2014)
  5. Plastisitas adalah kemampuan material untuk mengalami deformasi plastik tanpa mengakibatkan patah. Material yang mampu mengalami deformasi plastik yang tinggi disebut dengan material ulet, sebaliknya material yang tidak mampu mengalami deformasi plastik yang tinggi disebut material getas. Sifat ini dibutuhkan bagi material yang akan mengalami proses pembentukan seperti *forging*, *rolling* dan lain-lain (Suarsana, 2014)
  6. Ketangguhan adalah kemampuan material untuk menyerap energi tanpa terjadinya patah. Dapat disebut sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan agar dapat mematahkan suatu benda kerja (Suarsana, 2014)
  7. Kelelahan yaitu kecenderungan pada material logam untuk patah apabila menerima tegangan yang berulang dan besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastisnya (Suarsana, 2014)
  8. Pemuluran adalah kemampuan suatu logam untuk mengalami perubahan bentuk secara permanen pada saat material diberikan beban yang tetap dalam waktu yang lama (Suarsana, 2014)

## 2.9. XRF

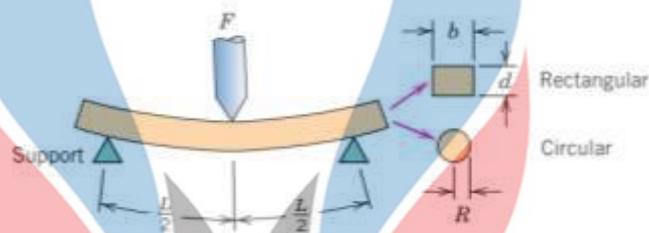
XRF dapat menganalisis unsur kimia suatu spesimen dengan mendeteksi karakteristiknya melalui sinar x yang dipancarkan oleh spesimen setelah terkena radiasi dari sinar x berenergi tinggi. Karakteristik sinar x yang terpancar dapat dianalisis dari panjang gelombang atau energinya (Yang Leng, 2013).

XRF adalah salah satu metode non destruktif yang digunakan untuk menganalisa unsur suatu material. Sumber dari sinar x digunakan untuk menyinari spesimen dan menyebabkan unsur-unsur dalam specimen memancarkan karakteristik dari sinar x tersebut. Instrumentasi yang diperlukan untuk melakukan pengukuran XRF terdiri dari tiga bagian utama yaitu sumber sinar x primer, spektrometer kristal, dan sistem deteksi (Evans & Brundle, 1982).

Analisa XRF merupakan salah satu analisa yang didasarkan pada perilaku atom yang terkena radiasi. Interaksi atom dengan dengan cahaya yang dipaparkan dapat menyebabkan berbagai fenomena yang dipengaruhi oleh kuatnya intensitas cahaya yang berinteraksi dengan atom tersebut. Ketika material berinteraksi dengan cahaya yang berenergi tinggi seperti sinar-x, maka dapat menyebabkan terpentalnya elektron yang berada pada tingkat energi paling rendah pada suatu atom. Akibatnya atom menjadi tidak stabil sehingga elektron yang berada pada kulit valensi yang lebih tinggi akan mengisi posisi elektron yang terpental tadi. Proses pengisian posisi elektron pada kulit valensi yang lebih rendah dinamakan deeksitasi. Proses deeksitasi akan disertai dengan pemancaran cahaya dengan energi yang lebih kecil daripada energi yang menyebabkan tereksitasinya elektron. Energi yang dipancarkan tersebut dinamakan radiasi fluoresensi. Radiasi fluoresensi memiliki energi yang karakteristik yang beragam tergantung dari elektron yang tereksitasi pada suatu atom penyusun sebuah material. Perbedaan karakteristik dari radiasi fluoresensi pada setiap unsur tersebut memungkinkan dapat dilakukannya analisa kualitatif untuk mengidentifikasi unsur-unsur berbeda yang terdapat pada suatu material. Dan analisa kuantitatif juga dapat dilakukan untuk menentukan konsentrasi dari unsur yang dianalisa dapat ditentukan berdasarkan intensitas dari radiasi fluoresensi yang dipancarkan (Setiabudi, et al., 2012).

## 2.10. Uji Bending

Uji *bending* yang paling sering digunakan mempunyai spesimen batang dengan penampang persegi panjang yang dibengkokkan sampai patah dengan menggunakan teknik pembebanan 3 atau 4 titik. Pada titik pembebanan permukaan atas benda uji diposisikan dalam keadaan ditekan, sedangkan permukaan bawah dalam keadaan tarik. Tegangan dihitung dari ketebalan spesimen, momen lentur, dan momen inersia penampang. Uji *bending* merupakan pengujian yang paling relevan untuk menggantikan pengujian tarik (Callister, 2014).



Gambar 2. 6 Skema Pengujian *Three Point Bending* (Callister, 2014)

Pengujian bending mempunyai beberapa keunggulan diantaranya adalah bentuk batang uji yang sederhana dapat dibuat terhadap bahan yang sukar diproduksi secara mekanis, bentuk batang uji yang sederhana tersebut menjadikan hasilnya sukar terjadi cacat berupa retakan akibat perlakuan panas atau lainnya, pada pengujian bending diharapkan dapat terjadi patahan yang ideal dari bahan yang keras dan getas (Surdia & Saito, 1992).

## 2.11. Uji Metalografi

Pengujian struktur mikro menggunakan metode metalografi. Metalografi adalah gambaran mikro pada permukaan logam yang sudah dipreparasi. Gambaran struktur mikro itu tidak akan terlihat tanpa dipreparasi. Metalografi merupakan pengujian dan pengamatan terhadap struktur butir suatu logam. Dalam pengamatan secara metalografi dapat diperoleh gambaran struktur butiran suatu logam. Pengujian metalografi harus menggunakan bantuan dari mikroskop optik. Metalografi merupakan disiplin ilmu yang mempelajari karakteristik mikrostruktur suatu logam dan paduannya serta hubungannya dengan sifat-sifat logam dan paduannya tersebut (Smallman dan Bishop, 2000).

Proses metalografi bertujuan untuk melihat struktur mikro suatu bahan. Terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan diantaranya adalah *mounting*, *grinding*, *polishing*, *etching*, setelah itu dilakukan proses observasi menggunakan mikroskop (Windarta dan Didik, 2018).

## 2.12. Penempaan di Industri

Proses *forming* mempunyai tujuan untuk dapat merubah bentuk dari suatu material dengan mengontrol perubahan sifat material tersebut dan biasanya digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan keuletan. Penempaan didefinisikan sebagai proses pembuatan dengan cara mendeformasi dengan pemanasan. Dalam proses *hot forging* industri, sistem pelumasan pendinginan telah dikembangkan untuk memudahkan penyelidikan efek pelumasan pada keausan pahat. *Hot forging* adalah salah satu proses pembentukan logam konvensional yang digunakan dalam produksi di berbagai industri (Rajiev, 2019).

Pada dunia industri saat ini proses penempaan dilakukan dengan memanaskan baja hingga temperatur 1200°C didalam tungku setelah itu dilakukan penempaan pada temperatur sekitar 1050°C dengan waktu selama 15-30 detik yang bergantung pada material dan benda yang akan dibuat. Transformasi fasa yang terjadi selama pemanasan biasanya ferit dan perlit menjadi austenit. Proses penempaan berhubungan dengan rekristalisasi dan pertumbuhan butir austenit. Proses pendinginan setelah penempaan akan menginduksi berbagai transformasi fasa pada austenit dan munculnya kembali endapan baik dalam austenit maupun ferit. (Mohanty, 2017).

## 2.13. Penelitian Terdahulu

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

| No | Nama dan Tahun Publikasi | Hasil                         |
|----|--------------------------|-------------------------------|
| 1  | Fajfar et. al.,          | Metode: Nondestruktif: EDXRF, |

|      |                          |   |
|------|--------------------------|---|
| 2013 |                          | <p>Destruktif: Light optical microscopy, DSC, SEM, EDS</p> <p>Hasil: Senjata Messer dibuat dari billet tunggal yang ditempa (hammering), lalu dikarburisasi dan didinginkan udara. Dari pengotor yang teramati, bahan baku adalah produk tungku bloomery. Bentuk pengotor/inklusi menunjukkan arah hammering. Rentang kekerasan sampel 161-371 HV. Bilah Messer terdiri dari bagian inti yang lunak dan tangguh, dan bagian mata potong yang diperkeras.</p>  |
| 2    | Purnawibawa, 2016        | <p>Metode: Nondestruktif: XRF</p> <p>Destruktif: Mohs hardness test</p> <p>Hasil: Tidak ada korelasi antara kenampakan (pamor) bilah senjata dan komposisi bilah, terutama dari sisi trace elements. Rentang kekerasan bilah adalah 3.7-5 Mohs. Proses penempaan, terutama pelipatan berbanding lurus dengan kekerasan bilah.</p>   |
| 3    | Yogi, 2016               | <p>Metode: Observasi lapangan etnoarkeologi di kawasan DAS Sungai Pawan, Ketapang, Kalimantan Barat</p> <p>Hasil: Penggunaan ububan untuk mengontrol temperature pemanasan, penempaan bilah diikuti dengan quenching dalam air, dan finishing permukaan berupa pengamplasan. Bahan baku besi di masa lampau adalah besi Matan dari daerah Air Hitam dan Jelai, di muara Sungai Pawan, sekarang bahan baku yang digunakan adalah logam (baja) bekas otomotif.</p>  |
| 4    | Paveebunvipak, dkk, 2017 | <p>Sampel: 1 buah baja Nam-Phee, 1 buah baja AISI 1055, dan 1 buah baja AISI 1010</p> <p>Metode: Karakterisasi menggunakan pengujian metalografi, pengujian tarik, <i>three point bending test</i>, dan uji impak</p> <p>Hasil: Proses penempaan dengan melibatkan <i>folding</i> membuat baja Nam-Phee memiliki mikrostruktur yang lebih homogen dan halus, lalu meningkatkan tegangan tarik, tegangan flexural, regangan flexural, dan energi impak dari baja Nam-Phee. Pencampuran baja yang ulet sebagai inti dan baja keras sebagai luaran meningkatkan <i>bendability</i> dan energi impak.</p> |