

## BAB II

# TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab 2 tinjauan pustaka akan dijelaskan mengenai keterkaitan beberapa referensi terhadap penelitian “Studi Proses Manufaktur Senjata Tradisional Mandau di Kota Tenggara”.

### 2.1 Senjata Tradisional Indonesia

Senjata tradisional merupakan warisan dari nenek moyang yang tersebar di seluruh penjuru nusantara. Wilayah Indonesia yang terbagi menjadi kepulauan yaitu pulau Jawa, pulau Kalimantan, pulau Sulawesi, pulau Sumatera, pulau Nusa Tenggara, dan pulau Papua. Di masing-masing daerah memiliki budaya serta adat istiadat tersendiri yang berasal dari etnis tertentu yang bermukim di daerah tersebut, begitu pula senjata tradisional yang beragam sesuai dengan daerah asalnya. Senjata tradisional menjadi ciri khas kebudayaan dari masing-masing daerah di Indonesia. Senjata tersebut digunakan oleh nenek moyang untuk mempermudah kehidupan sehari-hari seperti mencari bahan makanan dan perlindungan diri (M., 2010).

Senjata tradisional berdasarkan penggunaannya dapat dikategorikan menjadi beberapa kategori yaitu senjata untuk menyerang (*offence*), senjata untuk membela diri (*deffence*), dan senjata yang bergerak sendiri (*self acting weapons*). Namun sebenarnya kategori tersebut tidak memiliki batasan yang jelas, karena ditemui beberapa senjata yang memiliki fungsi ganda seperti dapat digunakan untuk menyerang sekaligus untuk perlindungan diri secara bersamaan. Contoh dari senjata tradisional yaitu keris, tombak, golok, pedang, panah, sumpit, ketapel, dan masih banyak lagi (Fachruddin, et al., 1992).

### 2.2 Mandau

Mandau merupakan senjata tradisional dari suku Dayak yang panjangnya sekitar 0,5 meter, bentuknya menyerupai parang. Nama “Mandau” berasal dari penurunan kata “man” yaitu nama seseorang yang berasal dari China selatan, dan kata “dao” yang berarti parang dalam bahasa Mandarin. Pada zaman dahulu kala,

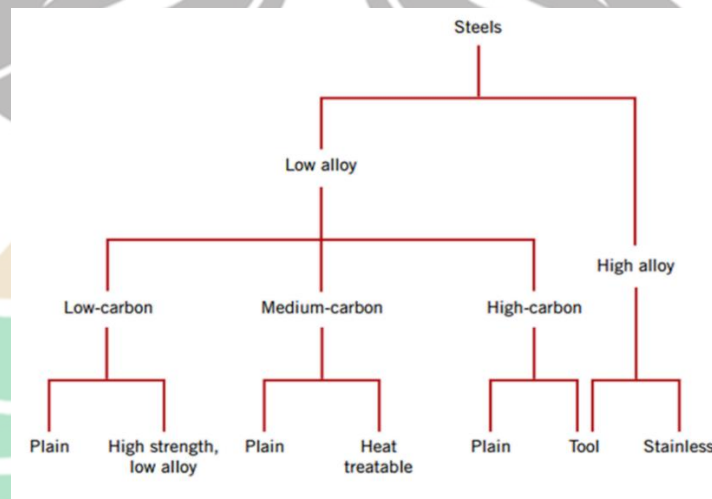
senjata ini diyakini dibuat oleh pandai besi yang memiliki ilmu magis dan digunakan untuk kebutuhan ritual adat Dayak. Namun seiring berjalannya waktu, fungsi dari mandau mulai bergeser. Sekarang mandau digunakan masyarakat Dayak untuk membantu kebutuhan sehari-hari seperti berkebun, bertani, dijual sebagai oleh-oleh, koleksi, dan sebagai objek seni (Noer & Nurbaizura, 2016).



**Gambar 2.1** Mandau Kalimantan Timur (Alpert, 2020)

### 2.3 Baja

Baja paduan adalah logam yang terdiri dari paduan antara besi-karbon dan campuran unsur lainnya yang dapat meningkatkan sifat dari baja paduan. Menurut William D. Callister (2014), terdapat dua kategori baja, yaitu baja paduan rendah dan baja paduan tinggi seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 2.2** Klasifikasi Baja Paduan (Callister, Jr., 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

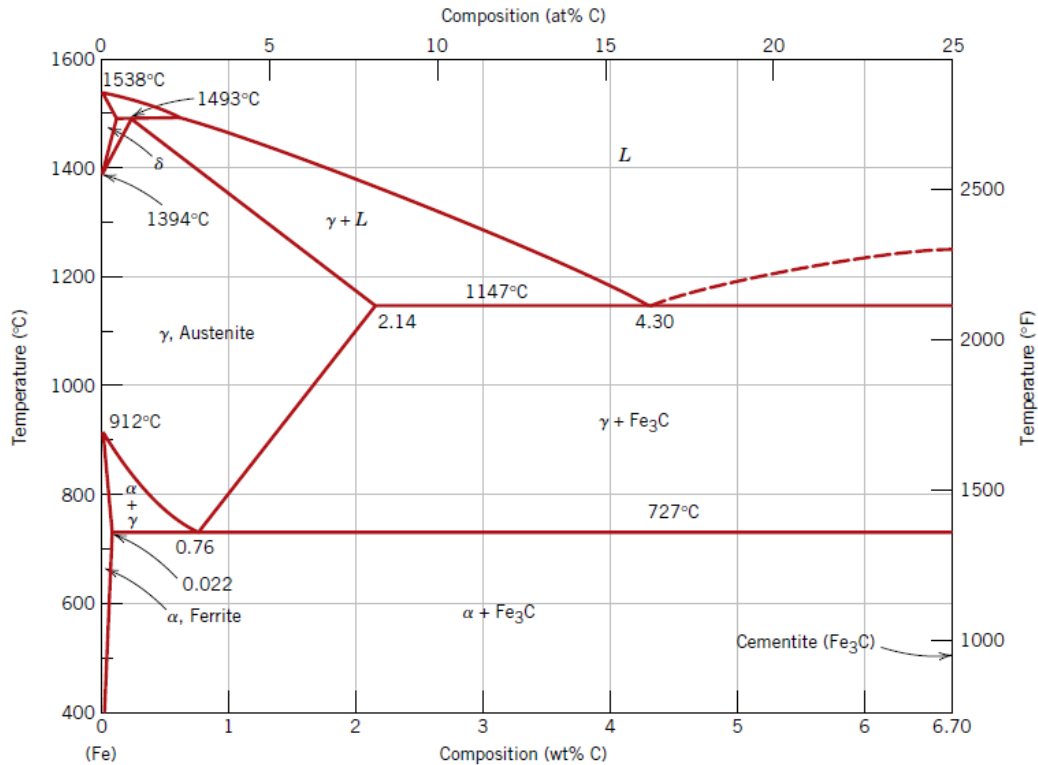
tinggi. Sedangkan baja paduan tinggi terdiri dari *tool steel* (baja perkakas) dan *stainless steel* (Callister, Jr., 2014).

Menurut Hafni (2016), baja karbon merupakan logam terdiri dari campuran besi dan karbon sebagai campuran utama serta unsur lainnya seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), dan mangan (Mn). Baja karbon terbagi menjadi tiga jenis, yaitu baja karbon rendah, sedang, dan tinggi. Menurut William D. Callister (2014), *low carbon steel* (baja karbon rendah) adalah baja yang relatif memiliki unsur karbon paling sedikit, yang biasanya unsur karbon yang terkandung pada baja jenis ini kandungannya kurang dari 0,25%. Baja karbon ini memiliki fasa ferrite dan pearlite. Biasanya baja jenis ini memiliki sifat yang lunak, namun memiliki *toughness* (ketangguhan) dan *ductility* (keuletan) yang relatif tinggi. Baja karbon jenis ini biasanya digunakan pada jembatan, struktur bangunan, pipa, dan terkadang digunakan pada pembuatan kapal (Callister, Jr., 2014).

*Medium carbon steel* (baja karbon sedang), adalah baja yang memiliki kadar karbon sekitar 0,25% - 0,6%. Sifat dari baja jenis ini dapat ditingkatkan dengan cara diberikan perlakuan panas seperti, *austenizing*, *quenching*, dan *tempering*. Baja jenis ini memiliki sifat *hardenability* yang lebih baik dari baja karbon rendah, hal tersebut dikarenakan baja jenis ini lebih responsif dalam pembentukan fasa martensite ketika diberikan perlakuan panas. Namun ketika baja jenis ini dikeraskan menggunakan proses perlakuan panas, baja ini akan mengalami penurunan sifat *toughness* (ketangguhan) dan *ductility* (keuletan) yang signifikan dan berbanding terbalik dengan sifat kekerasan yang berhasil diperoleh. (Callister, Jr., 2014).

*High carbon steel* (baja karbon tinggi) merupakan baja yang memiliki kadar karbon di kisaran 0,60% - 1,4%. Baja jenis ini dikatakan sebagai baja yang memiliki sifat *hardness* (kekerasan), *strength* (kekuatan) dan *wear resistance* (ketahanan aus) yang paling tinggi jika dibandingkan dengan baja karbon rendah dan sedang. Baja jenis ini adalah baja yang memiliki sifat *hardenability* yang paling tinggi, hal tersebut dikarenakan sifatnya yang sangat responsif terhadap pembentukan fasa martensite pada proses perlakuan panas akibat banyak kandungan karbon pada baja jenis ini. Sehingga, hampir semua penggunaan baja ini biasanya adalah yang telah dikeraskan menggunakan proses perlakuan panas (Callister, Jr., 2014).

Fasa dari ketiga jenis baja karbon yang telah disebutkan sebelumnya dapat diketahui dan diprediksi berdasarkan diagram fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C yang terlihat pada gambar berikut.



**Gambar 2.3** Diagram Fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C (*Callister, Jr., 2014*)

Gambar 2.2 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 (*Callister, Jr., 2014*).

## 2.4 Sifat Mekanik Material

Sifat mekanik material adalah sifat yang menyatakan kemampuan suatu material atau komponen untuk menerima beban, gaya dan *energy* tanpa menimbulkan kerusakan pada material atau komponen tersebut. Beberapa sifat mekanik yang penting antara lain:

- a. Kekuatan (*Strenght*) Merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan material menjadi patah. Berdasarkan pada jenis beban yang bekerja, kekuatan dibagi dalam



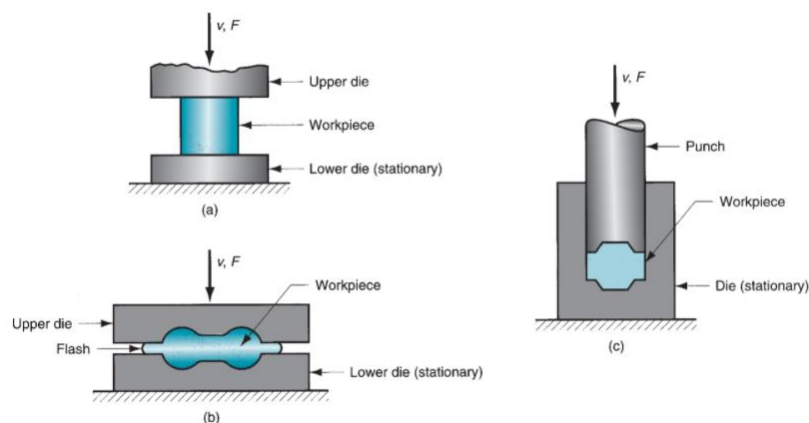
beberapa macam yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi, dan kekuatan lengkung (Irawati, 2017).

- b. Kekakuan (*stiffness*) Merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan atau beban tanpa mengakibatkan terjadinya deformasi atau difleksi (Irawati, 2017).
- c. Kelenturan (*elasticity*) Merupakan 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 perubahan bentuk (deformasi) (Irawati, 2017).
- d. Plastisitas (*plasticity*) Merupakan kemampuan material untuk mengalami perubahan bentuk secara permanen (deformasi palstis) 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*) (Irawati, 2017).
- e. Keuletan (*ductility*) Merupakan kemampuan sifat material yang digambarkan seperti kabel dengan aplikasi kekuatan tarik. Material yang ulet (*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 (Irawati, 2017).
- f. Ketangguhan (*toughness*) Merupakan kemampuan material untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan (Irawati, 2017).
- g. Kegetasan (*brittleness*) Merupakan kemampuan sifat bahan yang mempunyai sifat berlawanan dengan keuletan. Kegetasan ini merupakan suatu sifat material yang getas atau rapuh ini juga menjadi sasaran pada beban regang, tanpa memberi keregangan yang terlalu besar. Contoh bahan yang memiliki sifat kerapuhan ini yaitu besi cor (Irawati, 2017).
- h. Kelelahan (*fatigue*) Merupakan kemampuan kecenderungan dari logam untuk menjadi patah bila menerima beban bolak-balik (*dynamic load*) yang besarnya masih jauh di bawah batas kekakuan elastisnya (Irawati, 2017).

- i. Melar (*creep*) Merupakan kemampuan kecenderungan suatu logam untuk mengalami perubahan bentuk secara permanen (deformasi plastik) bila pembebanan yang besarnya relative tetap dilakukan dalam waktu yang lama pada suhu yang tinggi (Irawati, 2017).
- j. Kekerasan (*hardness*) Merupakan kemampuan ketahanan material terhadap penekanan atau indentasi atau penetrasi. Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan (*wear resistance*) yaitu ketahanan material terhadap penggoresan atau pengikisan (Irawati, 2017).

## 2.5 Forging

*Forging* atau penempaan merupakan proses pengerjaan dengan cara membentuk material menggunakan beban tekan atau beban *impact*. 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 (Groover, 2010).



**Gambar 2.4** Jenis-jenis proses penempaan: (a) open-die forging, (b) impression-die forging dan (c) Flashless forging (Groover, 2010)

Terdapat 3 jenis proses penempaan yaitu:

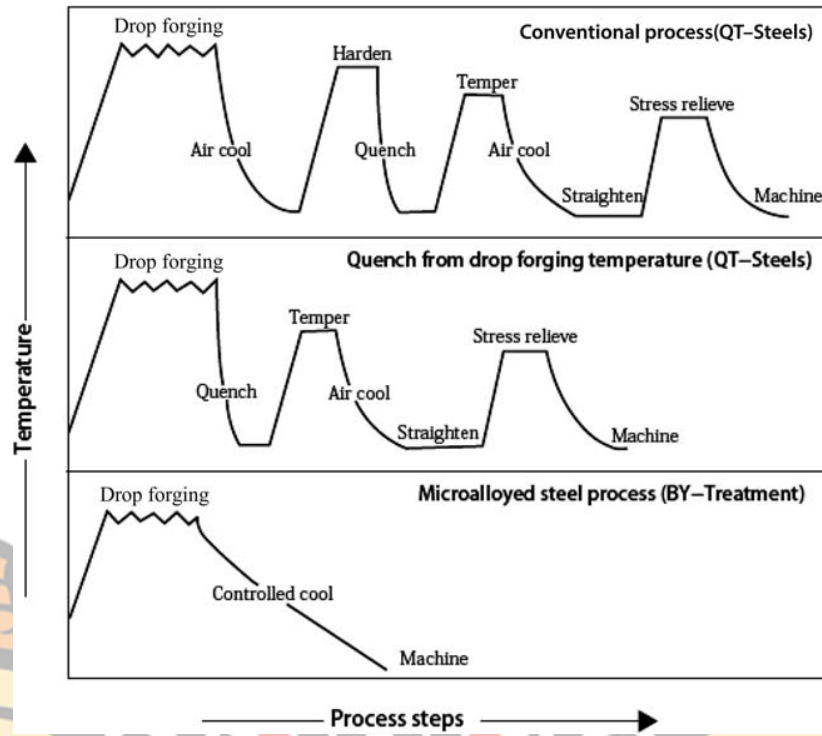
1. *Open-die forging*: pengerjaan dilakukan dengan menggunakan cetakan yang datar (Groover, 2010).
2. *Impression-die forging*: pengerjaan dilakukan dengan bentuk permukaan cetakan yang tidak rata atau sesuai bentuk yang diinginkan (Groover, 2010).
3. *Flashless forging*: pengerjaan dilakukan sepenuhnya dalam cetakan hingga tidak ada *flash* yang berlebih (Groover, 2010).

## 2.6 Proses *Forging* Pada Industri

Perihal penempaan pada industri, *hot forging* atau penempaan dengan suhu tinggi merupakan proses yang biasa digunakan semenjak berbagai jenis baja digunakan secara luas. Berbicara mengenai *hot forging*, aspek terpentingnya yaitu komponen dipanaskan biasanya menggunakan tungku induksi hingga temperatur 1200°C lalu komponen tersebut dilakukan proses penempaan. Pada proses penempaan sendiri, komponen akan melewati beberapa kali proses penempaan sebelum dilakukan pemotongan dan *finishing*. Setelah itu, komponen yang sudah ditempa akan didinginkan menggunakan udara ataupun dilakukan perlakuan panas sesuai dengan kebutuhan (Rana & Singh, 2017).

Mayoritas baja yang ditempa pada temperatur tinggi terbuat dari baja karbon atau baja paduan rendah dengan kandungan karbon tertentu dengan mempertimbangkan kekuatan, ketangguhan, dan *forgeability* dari baja tersebut. Penempaan berkekuatan tinggi biasanya menggunakan baja yang mengandung karbon sebesar 0.2-0.5 persen berat yang memungkinkan untuk dilakukannya penempaan dengan temperatur tinggi. Lalu perlakuan panas yang diterapkan utamanya adalah *quenching* dan *tempering* (Q+T) yang mengonsumsi energi besar dan merugikan produktifitas. Proses *quenching* juga meningkatkan resiko timbulnya tegangan sisa, distorsi, dan retakan pada komponen. Oleh karena itu, dibutuhkan proses perbaikan serta diikuti proses *stress-relief annealing* untuk mengurangi tegangan sisa, dan proses tambahan ini juga memerlukan biaya proses tambahan. Pada beberapa industri, proses perbaikan tersebut tidak diikuti proses *stress-relief annealing*. Konsekuensinya, baja yang digunakan harus ditingkatkan

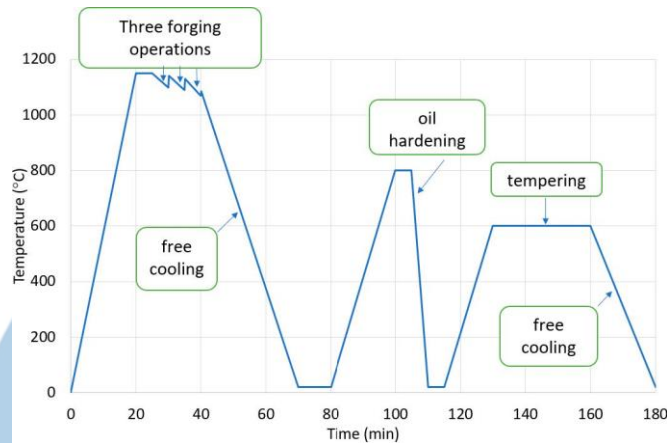
dengan menambahkan sedikit paduan (*microalloyed*). Skema perlakuan panas yang diterapkan dapat dilihat pada gambar 2.5 (Rana & Singh, 2017).



**Gambar 2.5** Perbandingan proses yang menunjukkan baja *quench-tempered* konvensional dan baja *microalloyed* yang didinginkan menggunakan udara (Rana & Singh, 2017)

Pada gambar 2.6 merupakan contoh proses penempaan *die-forging* yang diikuti proses perlakuan panas. Pada proses penempaan konvensional, setelah penempaan dilakukan proses pendinginan terkontrol yang terlihat pada garis *free cooling* pada bagian akhir penempaan, temperatur komponen pada saat itu sekitar 610°C (Hawryluk, et al., 2020).





**Gambar 2.6** Proses penempaan yang diikuti dengan proses perlakuan panas (Hawryluk, et al., 2020)

## 2.7 Perlakuan Panas

*Heat Treatment* (perlakuan panas) adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan spesimen pada *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 (Schonmentz, 1985)

Dengan adanya pemanasan atau pendinginan dengan kecepatan tertentu maka bahan-bahan logam dan paduan akan terjadi perubahan pada struktur material tersebut. Perlakuan panas adalah proses kombinasi antara proses pemanasan atau pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu. Untuk mendapatkan hal ini maka kecepatan pendinginan dan batas temperatur sangat menentukan (Schonmentz, 1985).

Dalam prakteknya terdapat banyak macam proses *heat treatment*. Secara garis besar berbagai macam proses *heat treatment* ini dibedakan menurut tingginya temperatur pemanasan, lamanya keberadaan pada temperatur tersebut dan cara laju pendinginan. Proses laku panas atau *heat treatment* dibedakan menjadi 2 macam:

- 1 Proses laku panas yang menghasilkan struktur yang *equilibrium*, contohnya: *full annealing*, *stress relief annealing*, *spheroidizing annealing* dan *normalizing* (Krauss, 1990)
- 2 Proses laku panas yang menghasilkan struktur yang *non-equilibrium*, contohnya: *hardening*, *martempering*, *austempering* dan *surface hardening* (Krauss, 1990)

## 2.8 Quenching

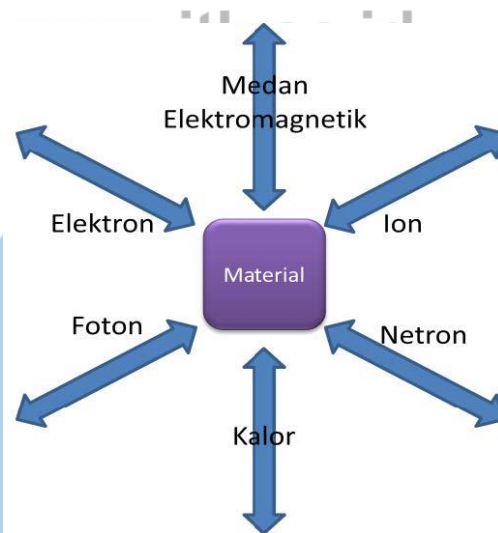
*Quenching* merupakan proses pendinginan cepat pada logam dari temperatur austenitisasi (815-870°C) pada baja dengan media seperti air atau oli. Baja di-*quenching* untuk mendapatkan martensit pada struktur mikro dan memperoleh peningkatan sifat mekanik seperti kekerasan dan kekuatan. Keefektifan *quenching* tergantung pada sifat pendinginan dari media *quench* dan juga *hardenability* baja (ASM Handbook Committee, 1991).

Terdapat beberapa teknik pada proses *quenching*, salah satunya adalah *direct quenching*. *Direct quenching* merupakan proses *quenching* yang dilakukan secara langsung dari temperatur austenitisasi dan sejauh ini merupakan teknik yang secara luas banyak digunakan. Istilah *direct quenching* digunakan unruk membedakan siklus ini dari teknik yang tidak langsung lainnya, pendinginan ini bisa melibatkan karburasi, pendinginan lambat, pemanasan ulang, yang diikuti pendinginan cepat (ASM Handbook Committee, 1991).

## 2.9 Karakterisasi Material

Untuk mengetahui suatu material, baik dilihat dari struktur materialnya maupun sifat dari material tersebut, seorang peneliti dapat melakukan sederetan teknik analisis secara fisika maupun secara kimia untuk mengetahui karakter dari material. Langkah tersebut dapat juga dikatakan sebagai proses karakterisasi material (Setiabudi, et al., 2012).

Sebagian besar metode karakterisasi material yang berkembang saat ini memanfaatkan interaksi antara berbagai sumber energi yang memiliki karakter tertentu seperti foton, elektron, medan magnet, ion, kalor, dan sumber energi lainnya, dapat diilustrasikan seperti gambar berikut



**Gambar 2.7** Berbagai bentuk interaksi antara energi dengan material (*Setiabudi, et al., 2012*)

Sebagaimana pada gambar, terdapat tanda panah yang mengarah menuju material menggambarkan proses yang mengakibatkan eksitasi atau perubahan yang terjadi pada material, sedangkan panah keluar merupakan respon material atas perlakuan yang diberikan. Respon interaksi antara sumber energi dengan material dapat direkam dan diolah untuk mendapatkan informasi yang terkait dengan sifat material. Interaksi yang terjadi dapat berupa penyerapan intensitas foton pada panjang gelombang tertentu, penghamburan, penyerapan panas, pembelokan arah elektron, dan interaksi lainnya (Setiabudi, et al., 2012).

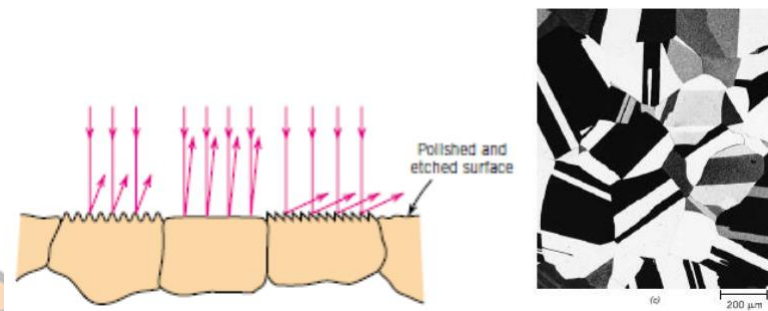
## 2.10 Pengujian Struktur Mikro

Terkadang perlu atau diinginkan untuk memeriksa elemen struktural dan cacat yang mempengaruhi sifat material. Beberapa elemen struktural memiliki dimensi makroskopis atau berukuran cukup besar untuk diamati dengan mata tanpa bantuan. Namun, dalam sebagian besar material, butir penyusunnya berukuran mikroskopis, memiliki diameter yang mungkin hingga berukuran mikron tetapi detailnya harus diselidiki menggunakan alat bantu mikroskop. Ukuran dan bentuk butir hanyalah dua keuntungan dari apa yang dapat dilihat pada struktur mikro (Callister & Rethwisch, 2014).

Ketika mikrostruktur dari paduan dua fasa akan diperiksa, etsa dipilih untuk menghasilkan tekstur yang berbeda untuk setiap fasa sehingga fasa yang berbeda



dapat dibedakan satu sama lain. Persiapan permukaan yang cermat dan teliti diperlukan untuk menunjukkan dengan detail penting dari struktur mikro. Permukaan spesimen pertama-tama harus gosok dan dipoles hingga menjadi halus dan seperti cermin. Hal ini dicapai dengan menggunakan kertas dan bubuk abrasif yang lebih halus. Mikrostruktur diungkapkan dengan perlakuan permukaan menggunakan reagen kimia yang sesuai dalam prosedur yang disebut etsa (Callister & Rethwisch, 2014). Penggunaan etsa untuk melihat struktur mikro ditentukan dengan menggunakan standar ASTM E407-07: *Standard Practice for Microetching Metals and Alloys*.



**Gambar 2.8** Ilustrasi Tampilan Struktur Mikro (Callister & Rethwisch, 2014)

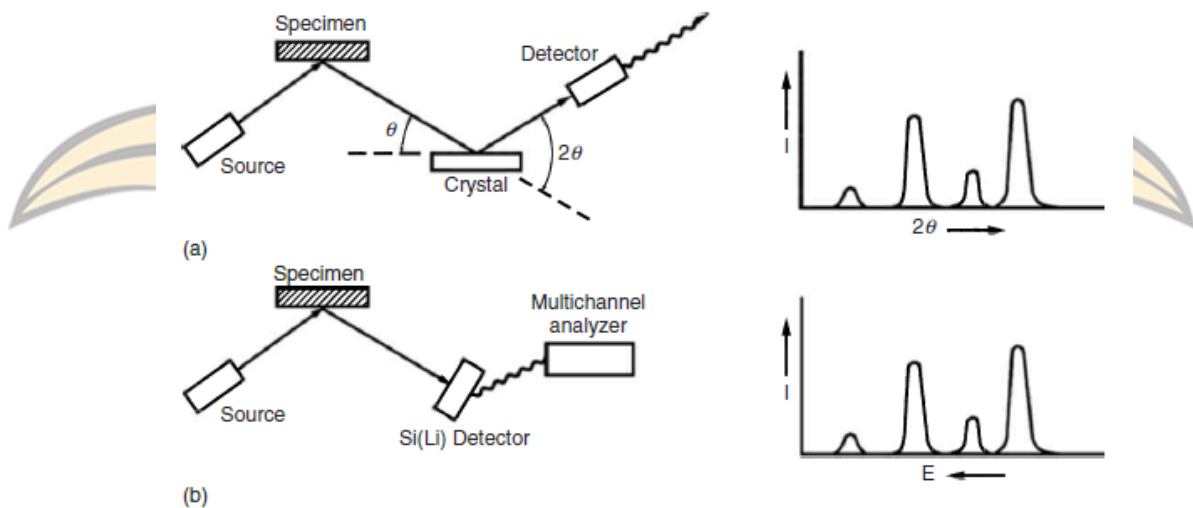
## 2.11 X-Ray Fluorescence

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).

XRF (*X-ray fluorescence*) merupakan metode karakterisasi yang menganalisa elemen kimia dari suatu spesimen uji dengan mendeteksi karakteristik emisi sinar-x yang berasal dari spesimen uji setelah dipapari sinar-x berenergi tinggi. Karakteristik sinar-x dapat dianalisa dari panjang gelombang atau energi. Terdapat dua jenis karakterisasi metode XRF yaitu WDS (*Wavelength Dispersive Spectroscopy*) dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*). Pada gambar 2.3, diilustrasikan skema metode WDS dan juga EDS. Namun, tetap saja instrumen XRF tetap konsisten pada tiga bagian yaitu sumber sinar-x, sistem deteksi, dan pengambilan data serta sistem pemrosesan.



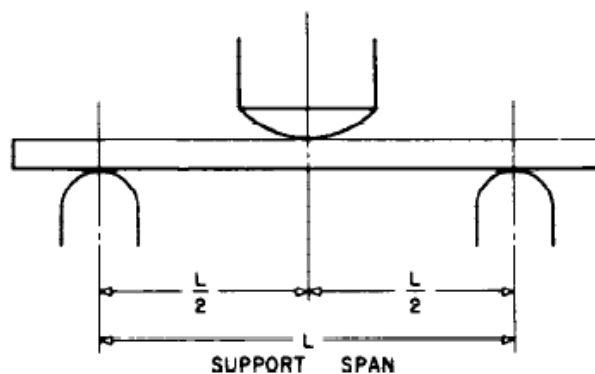
**Gambar 2.9** Komponen utama dan spektrum dispersif dari : a) WDS, b) EDS (Leng, 2013)

Sumber sinar-x menghasilkan sinar-x utama yang akan mengakibatkan eksitasi oleh atom dari spesimen uji. Sumber sinar-x yang biasa digunakan yaitu tabung sinar-x, mirip seperti metode karakterisasi XRD (*X-ray Diffractometer*). Tabung sinar-x dioperasikan dengan daya sebesar 0.5-3 kW dan tegangan tinggi sebesar 30-50 kV (Leng, 2013).

## 2.12 Pengujian *Bending*

Metode pengujian tekuk atau *bending test* merupakan pengujian yang dilakukan pada suatu material benda uji untuk mengetahui karakteristik sifat mekanik material tersebut yaitu karakteristik *bending*. Salah satu jenis pengujian *bending* yang umum dilakukan yaitu jenis *three-point bending test* yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan *flexural* dari material. Pengujian ini dilakukan dengan cara mempersiapkan material menjadi sebuah spesimen berbentuk batang atau plat, yang nantinya akan diletakkan di dua penyangga pada masing-masing ujungnya, kemudian di tengah-tengah spesimen tersebut akan diberikan beban hingga spesimen tersebut terdeformasi dan patah (Wouterson, et al., 2005).

Umumnya, secara ideal spesimen yang diuji akan mengalami kegagalan berupa patah atau *fracture* akibat adanya pembebanan jenis geser atau *shear*. Pada permukaan bagian atas spesimen yang terkena beban akan mengalami beban tekan dan permukaan spesimen bagian bawah akan mengalami pembebanan tarik. Berikut pengujian *three-point bending* menurut ASTM D 790 (ASTM International, 2003)



**Gambar 2.10** Pengujian *three-point bending* ASTM D790 (ASTM International, 2003)

Pengujian *bending* jenis *three-point bending* dengan standar ASTM D790 menggunakan perhitungan dengan persamaan sebagai berikut

$$\sigma_f = 3PL/2bd^2 \quad (2.1)$$

$$\epsilon_f = 6Dd/L^2 \quad (2.2)$$

dimana  $\sigma_f$  merupakan tegangan flexural (MPa), P merupakan beban (N), L adalah panjang *support span* (mm), b adalah lebar spesimen (mm), dan d adalah tebal

spesimen (mm). Untuk rumus regangan,  $\epsilon_f$  merupakan regangan flexural (ASTM International, 2003). [www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)

### 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, dkk, 2013	Sampel : 1 senjata tajam Messer abad ke-16, koleksi Museum Nasional Slovenia Metode : Karakterisasi material menggunakan <i>energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry, light optical microscopy</i> , DSC, SEM, EDS Hasil : Senjata Messer dibuat dari <i>billet</i> tunggal yang ditempa, lalu dikarburisasi dan didinginkan dengan media pendingin udara. Dari pengotor yang teramati, bahan baku adalah produk tungku <i>bloomery</i> . Bentuk inklusi menunjukkan arah penempaan. Rentang kekerasan sampel 161-371 HV. Bilah Messer terdiri dari bagian inti yang lunak dan tangguh, dan bagian mata potong yang diperkeras.
2	Purnawibawa, R. Ahmad Ginanjar 2016	Sampel : 8 bilah keris, 1 bilah pedang, dan 2 bilah tombak koleksi Museum Tosan Aji, Purworejo, Jawa Tengah. Metode : Karakterisasi material menggunakan <i>X-ray Fluorescence</i> dan uji kekerasan skala Mohs pada senjata logam

---

Hasil : Dari hasil analisis kandungan unsur yang dilakukan terhadap 11 bilah senjata, tidak ditemukan adanya pola komposisi unsur yang serupa. Dapat diindikasikan seluruh senjata yang diuji dibuat menggunakan bahan yang berbeda-beda. Tidak ada korelasi antara kenampakan (pamor) bilah senjata dan komposisi bilah, terutama dari sisi *trace elements*. Rentang nilai kekerasan bilah adalah 3.7-5 Mohs. Untuk hasil uji kekerasan menunjukkan adanya perbedaan tingkat kekerasan pada jenis dan tipe senjata tertentu.

---

3 Yogi, 2016 Metode : Observasi lapangan etnoarkeologi di kawasan DAS Sungai Pawan, Ketapang, Kalimantan Barat  
Hasil : Penggunaan ububan untuk mengontrol temperatur 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.

---

4 Paveebunvipak, dkk, 2017 Sampel : 1 buah baja Nam-Phee, 1 buah baja AISI 1055, dan 1 buah baja AISI 1010  
Metode : Karakterisasi menggunakan pengujian metalografi, pengujian tarik, *three point bending test*, dan uji impak  
Hasil : Proses penempaan dengan melibatkan *folding* 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 *bendability* dan energi impak.

---