

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Dalam melakukan penelitian dan observasi sangat dibutuhkan sebagai referensi untuk mencari sumber yang berkaitan dengan judul yang akan kita ambil. Judul yang akan diambil dalam penelitian ini adalah “Pengaruh *Carburizing* Arang Tulang Sapi Terhadap Peningkatan Kekerasan Egrek Produk Pande Besi Desa Tanjung Pinang”. Berikut adalah beberapa referensi yang berkaitan dalam penelitian ini yaitu:

Pada penelitian berjudul Keefektifan Penggunaan Karburiser Arang Tulang Sapi Pada Baja Kadar Karbon Rendah Untuk Pembuatan Alat Pemanen Buah Kelapa Sawit (Dodol Dan Egrek). Pada penelitian ini digunakan media karburasi arang tulang sapi, arang tempurung kelapa dan arang kokas (batu bara). Keefektifan penggunaan media arang tulang sapi mengacu pada hasil karburasi dengan media arang tempurung kelapa dan arang kokas (batubara) sebagai pembanding, ditinjau dari penambahan unsur karbon di permukaan baja, ketebalan lapisan karbon, fluks atom karbon, kekerasan, dan struktur mikro. Tulang memiliki kandungan mineral utama yaitu kalsium (Ca)=38,71 %, fosfor (P)=19,98 % dan oksigen (O)=41,31 %, dengan reaksi kimianya $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ bersifat amorf. Komposisi aktual kristal tulang selalu bervariasi sepanjang hidup makhluk, kondisi ini akibat metabolisme tubuh secara terus menerus. Persentase karbon spesimen yang dibuat menggunakan baja karbon rendah (*raw materials*) sebelum diproses karburasi adalah 0,17% C. Setelah dilakukan proses karburasi terjadi peningkatan persentase karbon untuk media arang tempurung kelapa=0,5 % C, arang tulang sapi=0,96 % C dan arang kokas=0,34% C, sedangkan kadar karbon dari alat pemanen buah kelapa sawit (dodol dan egrek)=0,63 % C. Hasil pengujian kekerasan *vickers* menunjukkan bahwa karburasi dengan arang tulang sapi memiliki kekerasan permukaan yang lebih tinggi dibandingkan karburiser lain sehingga dapat diimplementasikan pada material yang akan digunakan untuk

membuat alat pemanen buah kelapa sawit yang memerlukan kekerasan dan ketangguhan (Siproni dkk., 2012).

Pada penelitian berjudul Pengaruh Bahan *Energizer* Pada Proses *Pack Carburizing* Terhadap Kekerasan Cangkul Produksi Pengrajin Pande Besi. Pada penelitian ini metode telah banyak digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik dari baja karbon rendah yang dibutuhkan untuk menjadi keras di permukaan tetapi tetap tangguh di dalamnya. Percobaan ini telah menyelidiki pengaruh BaCO₃, Na₂CO₃ dan CaCO₃ sebagai energizer pada kekerasan dan struktur mikro cangkul karburasi. Media karburasi yang digunakan dalam percobaan ini adalah arang tempurung kelapa. Sampel dikarburasi pada 980 oC di senyawa karburasi yang mengandung arang tempurung kelapa (60%) dan energizer bahan (40%). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa proses karburasi meningkatkan kekerasan cangkul. Angka kekerasan tertinggi adalah 686 HV di permukaan, dan berkurang sepanjang kedalaman cangkul. Arang tempurung kelapa yang dikombinasikan dengan BaCO₃ memberikan pengerasan terdalam pada cangkul karburasi (Surojo dan Triyono, 2017).

Pada penelitian berjudul Pengaruh Ukuran *Mesh* Serbuk Batubara Proses Karburasi Padat Pada Baja Aisi 4130 Terhadap Nilai Kekerasan Dan Ketangguhan. Dalam bucket tersebut terdapat pula komponen lainnya yaitu teeth bucket. Teeth bucket terbuat dari baja karbon rendah jenis AISI 4130, namun dalam pengaplikasiannya, komponen ini sering menerima beban kejut yang sangat tinggi sehingga tak jarang menimbulkan permasalahan yang terjadi contohnya sering terjadi kerusakan dan patah pada komponen tersebut. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan menambahkan unsur karbon pada material ini yaitu dengan proses *surface treatment* metode *pack carburizing*. Kemudian penelitian ini dilakukan dalam bentuk eksperimen pada baja AISI 4130 dengan proses *pack carburizing* yang menggunakan variasi serbuk batubara 50 mesh dan 100 mesh, dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh proses *pack carburizing* terhadap nilai kekerasan dan nilai impak. *Pack carburizing* memberikan pengaruh meningkatkan nilai kekerasan sebesar 40.65 HB dengan presentasi kenaikan 20,57 %. Hal itu terlihat pada selisih nilai

kekerasan rata-rata antara spesimen 1 dengan spesimen 2. Selisih nilai kekerasan rata-rata antara spesimen 1 dengan spesimen 3 sebesar 96,62 HB dengan presentasi kenaikan 48,91 % dan spesimen 2 dengan spesimen 3 sebesar 55,96 HB dengan persentase kenaikan 23,49 %. Dari hasil pengujian kekerasan pada ukuran *mesh* range 50 dan 100 diketahui bahwa seiring besarnya ukuran *mesh* serbuk batubara yang digunakan maka hasil kekerasan menjadi semakin tinggi, dengan nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada spesimen 3 (*Temperatur Pack Carburizing* 9000 C, *holding time* 90 menit dengan ukuran serbuk batubara 100 mesh) dengan nilai kekerasan sebesar 294,2 HB (Sadiana dkk., 2021).

Pada penelitian berjudul Analisis Sifat Mekanis Hq 705 Hasil Pack Karburising Dengan Media Arang Tulang Sapi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan serbukarang Tulang sapi sebagai media karburasi pada proses Pack Carburizing terhadap sifat kekerasan dan struktur mikro baja karbon sedang HQ 705. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon sedang yang berbentuk selinder. Proses pembuatan spesimen dilakukan dengan pemotongan menjadi 9 bagian, pemotongan dilakukan untuk memudahkan meletakkan specimen didalam tabung karburisasi, Spesimen diberi perlakuan panas pada temperature 800°C, 850°C, 900°C dengan waktu penahanan selama 45 menit. Kemudian dilakukan Uji kekerasan Rockwell dan pengujian foto struktur mikro. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan tertinggi rata-rata pada temperature 850°C diperoleh sebesar 81,82N/mm² dan kekerasan material awal diperoleh sebesar 61,61 N/mm² . Dari hasil pengamatan foto struktur mikro diketahui bahwa terjadi pengerasan permukaan karena difusi karbon ke dalam baja karbon sedang, pada spesimen menunjukkan fasa perlit yang semakin banyak seiring pertambahan temperatur perlakuan panas yang di berikan sesuai dengan spesifikasi besi (Reinaldy, R. 2021)

Pada penelitian berjudul Analisa Kekerasan Pada Pisau Berbahan Baja Karbon Menengah Hasil Proses Hardening Dengan Media Pendingin Yang Berbeda. Penggunaan media pendingin yang berbeda pada proses pembuatan pisau bertujuan untuk memperoleh kekerasan yang tinggi dengan tingkat kegetasan yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kekerasan

pada pisau berbahan baja karbon menengah hasil dari proses *hardening* dengan menggunakan media pendingin yang berbeda. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Bahan pisau yang terbuat dari baja karbon menengah, diberikan perlakuan *hardening* pada temperatur 8000C dengan lama waktu pemanasan selama 30 menit. Kemudian dilakukan pendinginan dengan menggunakan media pendingin yang berbeda yaitu air, air garam, oli dan udara. Selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan dengan mesin uji kekerasan *MicroVickers*. Hasil analisa data menunjukkan bahwa pisau yang menggunakan media pendingin air memiliki nilai rata-rata kekerasan 652,64 HV, pisau yang menggunakan media pendingin air garam rata-rata nilai kekerasannya 836,56 HV, pisau yang menggunakan media pendingin oli mempunyai nilai rata-rata kekerasan 600 HV dan pisau yang menggunakan media pendingin udara memiliki rata-rata nilai kekerasan 335,44 HV. Dari analisa data didapat kesimpulan bahwa proses pembuatan pisau menggunakan media pendingin oli adalah yang terbaik karena menghasilkan pisau dengan tingkat kekerasan yang cukup tinggi disertai dengan tingkat keuletan yang baik sehingga tidak getas (Trihutomo, 2016).

Pada penelitian berjudul *Analisis Komparatif Tingkat Kekerasan Dan Komposisi Karbon Egrek Antara Produk Lokal Dan Impor*. Pemanenan kelapa sawit di Indonesia masih dilakukan dengan alat sederhana salah satunya adalah egrek. Egrek sudah diproduksi di Indonesia diantaranya di Sumatera, Kalimantan, dan Jawa, namun ada juga produk egrek yang import dari Cina dan Malaysia yang membanjiri produk egrek di Indonesia Berdasarkan kondisi tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai kualitas egrek impor dan egrek lokal dengan rumusan masalah apakah terdapat perbedaan kualitas egrek impor dengan egrek lokal. Analisis *komparatif* dilakukan untuk data tingkat kekerasan dan komposisi karbon pada egrek produk impor dan lokal. Metode yang digunakan adalah uji-t 2 sampel dengan *software Minitab 14*. Berdasarkan analisis *komparatif*, egrek produk impor dan egrek produk lokal memiliki tingkat kekerasan yang berbeda dimana rata-rata tingkat kekerasan egrek produk impor sebesar 49,4 HRc dan rata-rata tingkat kekerasan egrek produk lokal sebesar 34,08 HRc. Sedangkan komposisi karbon egrek produk impor dan egrek produk lokal memiliki komposisi

karbon yang sama dimana rata-rata komposisi karbon egrek produk impor sebesar 0,5122% dan komposisi karbon egrek produk lokal sebesar 48,61% (Dwiharsanti dkk., 2018).

Pada penelitian berjudul Keefektifan Proses *Pack Carburizing* Dalam Meningkatkan Kualitas Baja Karbon Rendah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Pisau. Pada umumnya proses pembuatan pisau pada saat ini menggunakan baja karbon sedang dan tinggi. Karena kedua baja ini mempunyai kemampuan dikeraskan secara langsung. Namun baja ini harganya lebih mahal dibandingkan dengan baja karbon rendah. Untuk itulah penulis ingin menggunakan baja karbon rendah sebagai material dasar (*raw material*) dalam pembuatan pisau untuk menekan biaya produksi menjadi lebih murah. Pada penelitian ini *Pack Carburizing* dilakukan pada suhu 850°C dan 900°C dengan waktu tahan 1 jam dan 2 jam dengan media karburasi arang batubara dan katalis *Calcium Carbonat* (CaCO₃) dengan komposisi (80% + 20%), Metode *quenching* menggunakan metode *single quenching*, medianya menggunakan air, oli bekas, dan *silicon oil*. Kemudian dilanjutkan dengan uji komposisi bahan, pengujian kekerasan, dan uji struktur mikro. Untuk melihat pengaruh waktu tahan terhadap kekerasan dilakukan perhitungan regresi linier sederhana. Hasil: Setelah dilakukan perlakuan maka didapatkan hasil kandungan karbon meningkat sebesar 0,3%, peningkatan hasil kekerasan tertinggi sebesar 110,8 HRB pada media pendingin air suhu 900°C Holding time 2 jam, Fasa yang terbentuk Ferit, Perlit dan Martensit (Rahman, 2018).

Pada penelitian berjudul Pengaruh Temperatur Pada Proses *Pack Carburizing* Baja St 40 Terhadap Nilai Kekerasan Dan Bending. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *temperatur* sebesar 900°C, 925°C, dan 950°C pada proses *pack carburizing* terhadap nilai kekerasan dan kekuatan bending baja st 40. Metode penelitian menggunakan metode *eksperimental design*. Parameter lain seperti peningkatan temperatur, campuran karbon tempurung kelapa dan katalis barium karbonat, dan waktu penahanan dibuat seragam. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh temperatur pada proses *pack carburizing* baja st 40 terhadap nilai

kekerasan dan kekuatan bending. Spesimen pada variasi temperatur 900°C menunjukkan penurunan nilai kekerasan 10.09% terhadap raw material. Sedangkan spesimen pada variasi 925°C dan 950°C masing-masing menunjukkan peningkatan nilai kekerasan 3.25% dan 21.9% terhadap *raw material*. Hasil nilai kekerasan ini sejalan dengan nilai kekuatan bending, terdapat pengaruh temperatur pada proses *pack carburizing* baja st 40 terhadap nilai kekuatan bending. Spesimen pada variasi *temperatur* 900°C menunjukkan penurunan nilai kekuatan bending 20.35% terhadap *raw material*. Sedangkan spesimen pada variasi 925°C dan 950°C masing-masing menunjukkan peningkatan (Firdaus, 2020).

Pada penelitian berjudul Aplikasi Serbuk Arang Tongkol Jagung Dan Serbuk Cangkang Kerang Mutiara Sebagai Media *Carburizer Proses Pack Carburizing* Baja Karbon Rendah. Proses karburasi pada baja karbon rendah dapat dilakukan dengan menggunakan karburator arang tongkol jagung, bubuk cangkang tiram mutiara. Baja karbon rendah silinder AISI 1018 digunakan dalam penelitian ini. Bahan-bahan tersebut dimasukkan ke dalam kemasan karburasi dengan karburator dan bubuk cangkang tiram mutiara. Serbuk cangkang tiram mutiara bervariasi dengan persentase bobot 5, 10, 20, dan 25. suhu 910oC, 930oC, dan 950oC digunakan untuk memanaskan bahan dengan waktu penahanan 90 dan 150 menit. Kemudian, uji kekerasan Vickers dan uji struktur mikro menggunakan mikroskop elektron scanning (SEM). digunakan untuk menganalisis angka kekerasan masing-masing bahan. Hasilnya menunjukkan bahwa kekerasan meningkat menjadi 262,47 kg/mm² (82%) dari 144,08 kg/mm² dengan menambahkan 20% berat serbuk cangkang tiram mutiara dengan waktu pemanasan dan waktu penahanan masing-masing 950oC dan 150 menit (Sujita, S. 2016).

2.2 Perkebunan Kelapa Sawit

Perkebunan kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan unggulan dan utama Indonesia. Tanaman yang produk utamanya terdiri dari minyak sawit dan minyak inti sawit ini memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan menjadi salah satu

penyumbang devisa negara yang terbesar dibandingkan dengan komoditas perkebunan lainnya. Hingga saat ini kelapa sawit telah diusahakan dalam bentuk perkebunan dari pabrik pengelolaan kelapa sawit hingga menjadi minyak dan produk turunannya.

Minyak kelapa sawit juga menghasilkan berbagai produk turunan yang kaya manfaat sehingga dapat dimanfaatkan di berbagai industri. Mulai dari industri makanan, farmasi, sampai industri kosmetik. Bahkan, limbahnya pun masih dapat dimanfaatkan untuk industri mebel, oleokimia, hingga pakan ternak. Dengan demikian, kelapa sawit memiliki arti penting bagi perekonomian di Indonesia (Fauzi dkk., 2012).

2.2.1 Pisau egrek

Pisau pemanen sawit diklasifikasikan menjadi dua, yaitu pisau egrek dan pisau dodos. Penggunaan pisau egrek yaitu pada pohon sawit ketinggian diatas 4 meter, dan dibawah 4 meter menggunakan pisau dodos. Bahan baku alat pemanen sawit dalam hal ini pisau egrek biasanya menggunakan baja karbon sedang dari pegas daun mobil yang dalam bentuk potongan platstrip sesuai dengan ukuran pisau egrek dan tipe yang ada. Proses produksi egrek ini dilakukan dengan pembakaran arang kayu atau dipanaskan didalam *furnace* guna untuk mempermudah proses tempa (*hammer*). Proses pembakaran arang kayu atau *furnace* dapat dilakukan sesuai dengan bahan yang akan di tempa (Nasution dkk., 2015).



Gambar 2.1 Egrek (Levigi, 2017)

2.3 Baja Karbon

Baja karbon merupakan salah satu jenis baja paduan yang terdiri atas unsur besi (Fe) dan karbon (C). Dimana besi merupakan unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Dalam proses pembuatan baja akan ditemukan pula penambahan kandungan unsur kimia lain seperti *sulfur* (S), *fosfor* (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan unsur kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon memiliki kandungan unsur karbon dalam besi sebesar 0,2% hingga 2,14%, dimana kandungan karbon tersebut berfungsi sebagai unsur penguat dalam struktur baja.

Dalam pengaplikasiannya baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan alat-alat perkakas, komponen mesin, struktur bangunan, dan lain sebagainya. Menurut pendefinisian *ASM handbook* vol.1:148 (1993), baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah persentase komposisi kimia karbon dalam baja yakni sebagai berikut :

a. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Pada umumnya baja jenis ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, bodi mobil, dan lain-lainya.

b. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang merupakan baja karbon dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,6% C. Baja karbon ini memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan baja karbon rendah, baja karbon sedang memiliki sifat mekanis yang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Besarnya kandungan karbon yang terdapat dalam besi memungkinkan baja untuk dapat dikeraskan dengan 11 memberikan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang biasanya digunakan untuk pembuatan poros, rel kereta api, roda gigi, baut, pegas, dan komponen mesin lainnya.

c. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja karbon yang memiliki kandungan karbon sebesar 0,6% C – 1,5% C. Baja karbon tinggi memiliki sifat tahan panas, kekerasan serta kekuatan tarik yang sangat tinggi akan tetapi memiliki keuletan yang lebih rendah sehingga baja karbon ini menjadi lebih getas. Baja karbon tinggi ini sulit diberi perlakuan panas untuk meningkatkan sifat kekerasannya, hal ini dikarenakan baja karbon tinggi memiliki jumlah martensit yang cukup tinggi sehingga tidak akan memberikan hasil yang optimal pada saat dilakukan proses pengerasan permukaan. Dalam pengaplikasiannya baja karbon tinggi banyak digunakan dalam pembuatan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji, pembuatan kikir, pisau cukur, dan sebagainya.

2.4 Karburasi (*Carburizing*)

Karburasi merupakan proses termokimia atau *chemical heat treatment* yang dilakukan dengan mengubah komposisi kimia permukaan baja untuk memperkaya unsur karbon pada permukaan baja pada suhu 850–950°C, sehingga atom karbon aktif tersebut akan berdifusi masuk ke dalam permukaan baja dan mencapai kedalaman tertentu. Selama karburasi, tiga perubahan penting terjadi. Pertama, atom karbon dibebaskan dari medium karbon. Hal ini terjadi karena dekomposisi karbon monoksida menjadi karbon dioksida dan karbon atom seperti ini:

$2CO \rightarrow CO_2 + C$. Kedua, atom karbon dari agen karburasi dipindahkan ke permukaan baja. Ketiga, karbon yang diserap oleh permukaan baja terdifusi jauh ke dalamnya. Semakin lama waktu atau semakin tinggi suhu, maka semakin dalam difusi karbon.

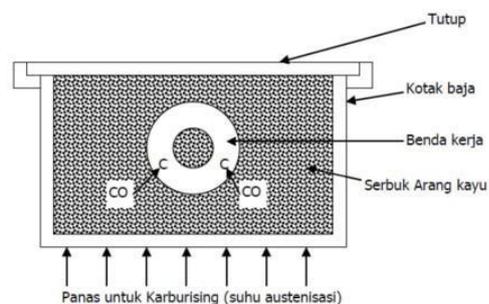
Proses *carburizing* yang tepat akan menambah kekerasan permukaan sedang pada bagian inti tetapliat. Proses *carburizing* atau pengerasan permukaan dapat dilakukan dengan metode padat, cairan gas (Amstead dkk., 1979).

- a. Karburasi padat (*pack carburizing*) bahan dimasukkan kotak tertutup dan ruangan diisi dengan arang kayu atukokas ataupun bahan yang berunsur karbon. Prosesnya memerlukan waktu lama.

- b. Karburasi gas (*gas carburizing*) menggunakan gas alam atau hidro karbon maupun propan (gas karbit). Diterapkan untuk bagian - bagian yang kecil dan dapat dicelup setelah pemanasan dalam dapur
- c. Karburasi cair (*liquid carburizing*) baja dipanaskan dalam suhu tertentu dan dalam dapur yang mengandung garam *cyanide* sehingga karbon dan sedikit nitrogen dapat berdifusi kedalam lapisan luar. Kulit luar memiliki kadar karbon yang lebih tinggi dan kadar nitrogen lebih rendah. Cara ini cocok untuk pengerasan permukaan benda berukuran sedang.

2.5 *Pack Carburizing*

Pack Carburizing adalah proses karburisasi atau penambahan karbon pada permukaan benda kerja dengan menggunakan karbon yang didapat dari bubuk arang. Bahan karburisasi ini biasanya adalah arang tempurung kelapa, arang kokas, arang kayu, arang kulit atau arang tulang. Benda kerja yang akan dikarburising dimasukkan ke dalam kotak karburisasi yang sebelumnya sudah diisi media karburisasi. Selanjutnya benda kerja ditimbuni dengan bahan karburisasi dan benda kerja lain diletakkan di atasnya demikian selanjutnya (Wahid Suherman, 1998:150). Kandungan karbon dari setiap jenis arang adalah berbeda-beda. Semakin tinggi kandungan karbon dalam arang, maka penetrasi karbon ke permukaan baja akan semakin baik pula. Bahan karbonat ditambahkan pada arang untuk mempercepat proses karburisasi. Bahan tersebut adalah barium karbonat (BaCO_3) dan soda abu (NaCO_3) yang ditambahkan bersama-sama dalam 10 – 40 % dari berat arang.



Gambar. 2.2 Proses *Pack Carburizing* (Budinski, G.K.,1992)

Pada suhu tinggi, baja mampu melarutkan banyak karbon, sehingga dalam waktu singkat permukaan baja dapat menyerap karbon hingga mencapai batas jenuhnya. Proses perlakuan panas dengan *temperature* austenisasi antara 850 °C hingga 950 °C, maka akan menyebabkan media karbon teroksidasi dan menghasilkan gas karbon dioksida (CO₂) dan gas karbon monoksida (CO). Gas CO akan bereaksi dengan permukaan baja sehingga membentuk karbon yang masuk atau berdifusi ke dalam lapisan permukaan baja.

2.6 Tulang Sapi

Struktur tulang sapi pada prinsipnya sama dengan tulang lainnya yaitu terbagi menjadi bagian epiphysis atau bagian sendi tulang dan diaphysis atau bagian tengah tulang yang berbentuk silinder. Komposisi tulang sapi yang terdiri dari 93% hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) dan 7% β -tricalcium phosphate ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, β -TCP) (Ooi et al., 2007). Komposisi kimia tulang sapi terdiri dari zat anorganik berupa Ca, P, O, H, Na dan Mg, dimana gabungan reaksi kimia unsur-unsur Ca, P, O, H merupakan senyawa apatite mineral sedangkan Na dan Mg merupakan komponen zat anorganik tambahan penyusun tulang sapi dengan suhu titik lebur tulang sapi sebesar 1227°K (Sontang, 2000). Tulang sapi mengandung $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 58,30%, CaCO_3 7,07%, $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 2,09%, CaF_2 1,96%, kolagen 4,62% (Perwitasari, 2008).



Gambar 2.3 Tulang Sapi

Tabel 2.1 Kandungan karbon arang (Siproni dkk, 2012)

Nama	Karbon, C (%)
Arang Tulang Sapi	27,48

2.7 Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan adalah pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Kekerasan adalah ketahanan suatu benda/material terhadap penetrasi/penekanan/ daya tembus benda lain yang lebih keras dan nilai kekerasannya tidak mutlak. Kekerasan adalah suatu sifat dari bahan yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya. Terdapat tiga jenis umum ukuran kekerasan, tergantung pada cara melakukan pengujian, yaitu: Kekerasan goresan, kekerasan lekukan, kekerasan pantulan. Untuk logam, hanya kekerasan lekukan yang banyak menarik perhatian dalam kaitannya dengan bidang rekayasa. Terdapat berbagai macam uji kekerasan lekukan, antara lain: uji kekerasan *Brinell*, *Vickers*, *Rockwell*, dan lain sebagainya. Pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* sesuai dengan standar ASTM E18, metode *Brinell* dengan standar ASTM E10 dan pengujian kekerasan *Vickers* dengan standar pengujian ASTM E29.

2.7.1 *Rockwell*

Pengujian kekerasan *Rockwell* merupakan salah satu pengujian kekerasan bahan yang banyak digunakan, hal ini dikarenakan pengujian kekerasan *Rockwell* yang : sederhana, cepat, tidak memerlukan mikroskop untuk mengukur jejak, dan relatif tidak merusak. Keuntungan metode *rockwell* yaitu:

- a. Proses pengujian yang cepat dan tepat sehingga dapat digunakan untuk pengujian/pengetesan kekerasan bahan secara massal.
- b. Bekas tekanannya kecil sehingga tidak merusak permukaan material.

Kerugian metode *rockwell* adalah tidak dapat digunakan pada bahan/material yang tipis yang tebalnya dibawah 1mm.

Indentor yang dipakai dalam pengujian metode *rockwell* :

- a. Untuk logam-logam yang lunak digunakan bola baja θ 1/16” dengan beban 100 Kg
- b. Untuk baja-baja yang keras digunakan intan dengan sudut 120 dengan beban 150 Kg.

Metode *rockwell* digunakan untuk menguji material dari yang lunak sampai yang keras.



Gambar 2.4 *Rockwell Hardness Tester* (Romli, 2017)

Tabel 2.2 Skala beban *rockwell* (ASTM E18-15)

Preliminary Force kgf (N)	Total Force kgf (N)	Indenter Type	Rockwell Scale
10 (98.07)	60 (588.4)	diamond	HRA
10 (98.07)	100 (980.7)	1/16 in. ball	HRB
10 (98.07)	150 (1471)	diamond	HRC
3 (29.42)	15 (147.1)	diamond	HR15N
3 (29.42)	30 (294.2)	1/16 in. ball	HR30T
3 (29.42)	45 (441.3)	diamond	HR45N

Tabel 2.3 Hubungan *penetrator* dan beban *rockwell* (ASTM E18-15)

Ball Size in. (mm)	Ranges of Required Test Blocks	Class A Tolerance	Class B Tolerance
1/16 (1.588)	20 to 100 HRBW	± 0.4 HRBW	± 0.8 HRBW
1/8 (3.175)	68 to 92 HREW	± 0.4 HREW	± 0.8 HREW
1/4 (6.350)	HRLW, HRMW, or HRPW (any level)	± 0.4 HR	± 0.8 HR
1/2 (12.70)	HRRW, HRSW, or HRVW (any level)	± 0.4 HR	± 0.8 HR

2.8 Komposisi Kimia

Pengujian ini dilakukan dengan cara menembakan laser ke permukaan spesimen, tembakan minimal 3 kali agar mendapatkan hasil yang maksimal. Setelah ditembakkan ke permukaan spesimen lalu spesimen yang ditembak akan melepaskan unsur yang terdapat pada spesimen dan akan ditangkap oleh sensor yang ada pada mesin uji komposisi kimia. Setelah sensor menangkap unsur yang berterbangan karena tembakan laser tersebut otomatis mesin uji langsung mendeteksi unsur apa saja yang terdapat pada spesimen tersebut. Dengan demikian akan terlihat unsur apa saja yang terkandung dalam spesimen tersebut sehingga bisa diketahui.

2.9 *Quenching*

Quenching adalah suatu proses pengerasan baja dengan cara baja dipanaskan hingga mencapai batas austenit dan kemudian diikuti dengan proses pendinginan cepat melalui media pendingin air, oli, atau air garam, sehingga fasa austenit bertransformasi secara parsial membentuk struktur martensit. Tujuan utama dari proses *quenching* ini adalah untuk menghasilkan baja dengan sifat kekerasan tinggi (Handoyo, 2015).

2.10 Oli Bekas

Senyawa hidro karbon minyak oli bekas kendaraan merupakan suatu limbah buangan berbahaya dan beracun merupakan dampak penggunaan kendaraan bermotor. Oli merupakan zat kimia yang digunakan pada kendaraan bermotor yang berguna untuk mengurangi keausan pada mesin. Penggunaan utama oli yaitu terdapat pada oli mesin. Umumnya oli terdiri dari 90% minyak dasar (*base oil*) dan 10% zat tambahan. Pada system penggerakannya ketika mesin dihidupkan mesin yang bergerak akan terjadi pergesekan pada logam yang akan menyebabkan pelepasan partikel dari peristiwa tersebut (Surtikanti dan Surahkusumah, 2004). Berdasarkan kriteria limbah yang dikeluarkan oleh kementerian lingkungan hidup, oli bekas termasuk kategori limbah B3. Meski oli bekas masih dimanfaatkan, bila tidak dikelola dengan benar, maka bisa membahayakan lingkungan. Sejalan dengan perkembangan kota dan daerah, volume oli bekas terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah kendaraan. Di daerah pedesaan sekalipun, sudah bisa ditemukan bengkel-bengkel kecil, yang salah satunya limbah oli bekas. Dengan kata lain, penyebaran oli bekas sudah sangat luas dari kota besar sampai ke wilayah pedesaan seluruh Indonesia (Winoto, 2014).