

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh Muslih Nasution dan Rini Halila Nasution Pada baja AISI 4130 dilakukan proses penambahan karbon (*Carburizing*) untuk memperoleh sifat kekerasan yang tinggi dengan proses *Carburizing* pada variasi *Quenching* dengan media pendingin air, air larutan garam dan oli. Setiap baja mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, seperti sifat-sifat fisis, sifat mekanis dan sifat kimia. Oleh sebab itu perlu suatu penanganan khusus yang diharapkan memiliki umur yang lebih lama dari perencanaannya, maka ketahanan terhadap dari bahan tersebut dapat dilakukan melalui perlakuan panas dengan cara *Carburizing* dengan variasi *Quenching* dengan media pendingin air, air larutan garam dan oli yang bertujuan meningkatkan kekerasan. Dari hasil pengujian *Rockwell* pada baja AISI 4130 (asli) Tanpa Perlakuan *Carburizing* dan *Quenching* memiliki nilai kekerasan rata-rata 191.3336 VHN sedangkan baja yang mengalami proses *Carburizing* pada suhu 900C selama 7 jam yang didinginkan dengan air, air garam dan oli mendapatkan nilai kekerasan rata-rata 395.3990 VHN, 674.8970 VHN, 621.2040 VHN. Dari kesimpulan diatas dapat dipahami bahwa;

- 1). nilai kekerasan asli dari bahan baja AISI 4130 adalah sebesar 191.3336 VHN.
- 2). Baja tersebut dapat dilakukan proses *carburizing* dan *quenching* dikarenakan hasil penelitian tersebut menunjukkan peningkatan nilai kekerasan setelah baja AISI 4130 dilakukan proses *carburizing* dan *quenching*.

Penelitian yang dilakukan oleh (Sembiring Depari, Muhammad Aginta) Mesin pemindah bahan (*material handling equipment*) adalah peralatan yang digunakan untuk memindahkan muatan yang berat dari satu tempat ke tempat lain dalam jarak yang tidak jauh, misalnya pada bagian – bagian atau departemen pabrik, pada tempat-tempat penumpukan bahan, lokasi konstruksi, tempat penyimpanan dan pembongkaran muatan dan sebagainya. *Bunch scraper conveyor* adalah mesin pengangkut yang berfungsi untuk mengangkut tandan

kosong dari tresher ke tempat penampungan. Salah satu komponen penting yang terdapat pada *bunch scraper conveyor* adalah *scraper* yang berfungsi mengangkut tandan kosong. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung gaya dorong yang terjadi pada *scraper conveyor* saat melakukan pengangkutan tandan kosong kelapa sawit dan menghitung distribusi tegangan yang terjadi pada *scraper conveyor* saat melakukan pengangkutan tandan kosong kelapa sawit. Hasil dari penelitian ini diperoleh gaya dorong yang terjadi pada *scraper conveyor* saat melakukan pengangkutan tandan kosong kelapa sawit sebesar 49,05 N dan tegangan yang terjadi pada *scraper conveyor*, terlihat bahwa tegangan yang terjadi pada bagian tengah *scraper*. Dari hasil perhitungan yang dilakukan diperoleh deformasi maksimum yang terjadi adalah sebesar 0,00611 mm.

Penelitian yang dilakukan oleh enurut (Maman Sulaeman , Haris Budiman, Engkos Koswara) Cangkul adalah suatu alat pertanian yang digunakan untuk menggali, membersihkan tanah dari rumput ataupun untuk meratakan tanah. Salah satu tahapan dalam proses pembuatan cangkul adalah proses pengujian, proses ini terbilang cukup penting karena akan berpengaruh terhadap kelayakan cangkul untuk beredar di masyarakat. Pengujian ini dilakukan dengan mengacu pada suatu standar ukuran, atau sering di sebut Standar Nasional Indonesia (SNI). Setiap produk ataupun material memiliki SNI yang berbeda-beda sesuai dengan hasil spesifikasi yang di keluarkan oleh Badan Standarisai Nasional Indonesia. Standar yang digunakan untuk cangkul adalah SNI 0331-2018. Ketika cangkul memenuhi SNI ini maka cangkul dinilai layak dan berhak untuk dijual di masyarakat, kalo tidak lolos spesifikasi cangkul tersebut harus di produksi ulang. Pengujian pada cangkul meliputi : Pengujian dimensi, pengujian kekerasan dan pengujian komposisi. Uji dimensi adalah proses uji yang di gunakan untuk mengukur satuan fisik suatu benda, misalkan berat, panjang, lebar, tinggi dan sejenisnya. Sedangkan uji kekerasan adalah suatu pengujian yang berfungsi untuk mengukur daya tahan material terhadap tekanan pada permukaan. Uji kekerasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Rockwell* dengan indentor intan skala C, dengan beban penekanan 150 kgf. Dan uji komposisi dilakukan untuk mengukur komposisi penyusun dari suatu material. Setelah cangkul dilakukan

pengujian didapat nilai kekerasan sebesar 37,842 HRc. Berdasarkan hasil penelitian yang didapat cangkul dinyatakan lolos uji dengan klasifikasi kelas B karena dari ketiga syarat kelayakan memenuhi standar atau acuan yang diijinkan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Muh Anhar , Betti Ses Eka Polonia) Pengkajian pengaruh variasi media pendingin terhadap nilai kekerasan paduan *gear sprocket* AISI 4130 dan timah dengan perlakuan *heat treatment*. Penelitian ini untuk mengetahui perpaduan gear sprocket AISI 4130 dengan timah,dengan dilakukan proses *heat treatment* dengan suhu mencapai 700°C dan ditahan selama 15 menit, dengan media pendingin udara, oli SAE 40 dan air,dan dilakukan *heat treatment* dengan pengujian kekerasan pada masing – masing material dengan perbedaan media pendingin menggunakan metode *Rockwell*. Dari hasil dari pengujian, media pendingin yang berbeda,didapat laju pendinginan yang berlainan dan menghasilkan perubahan kekerasan yang berbeda. Dalam pengujian data yang diperoleh sesuai dengan yang hasil perlakuan panas yang diteruskan dengan pendinginan udara memberikan nilai kekerasan paling rendah 51,2 HRD, sedangkan pendinginan dengan oli dan air nilainya lebih tinggi, masing-masing 54 HRD dan 58,4 HRD.

2.2 Landasan Teori

Adapun landasan teori penunjang penelitian ini akan dijelaskan dibawah ini

2.2.1 Heat Treatment (Perlakuan Panas)

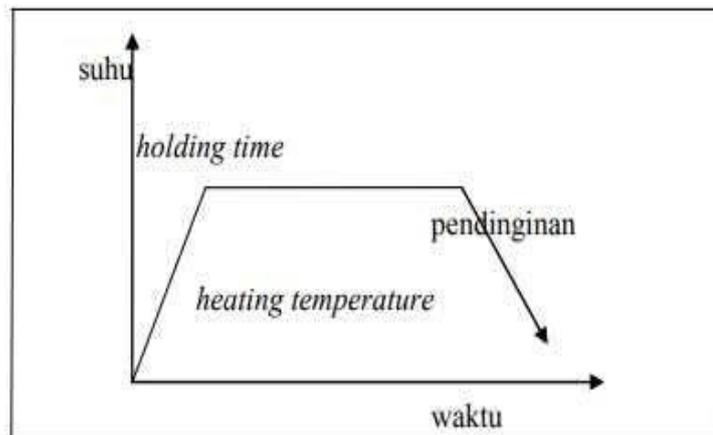
Heat Treatment (perlakuan panas) adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan *specimen* pada *elektrik furnace* (tungku pemanasan) pada temperatur *rekristalisasi* selama periode waktu tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin seperti udara, air, air garam,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

maka bahan-bahan logam dan paduan memperlihatkan perubahan strukturnya. Perlakuan panas adalah proses kombinasi antara proses pemanasan atau pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendaratkan sifat-sifat tertentu. Untuk mendapatkan hal ini maka kecepatan pendinginan dan batas temperatur sangat menentukan (Adawiyah dkk, 2014; 89).[1]

Adanya sifat *alotropik* dari besi menyebabkan timbulnya variasi struktur mikro dari berbagai jenis logam. *Alotropik* itu sendiri adalah merupakan transformasi dari satu bentuk susunan atom (sel satuan) ke bentuk susunan atom yang lain. Pada temperatur di bawah 910°C sel satuannya *Body Center Cubic* (BCC), temperatur antara 910°C dan 1392°C sel satuannya *Face Center Cubic* (FCC) sedangkan temperatur di atas 1392°C sel satuannya kembali menjadi BCC. Adapun tujuan dari *heat treatment* adalah:

- a. Mempersiapkan material untuk pengolahan berikutnya.
- b. Mempermudah proses pemesinan.
- c. Mengurangi kebutuhan daya pembentukan dan kebutuhan energi.
- d. Memperbaiki keuletan dan kekuatan material.
- e. Mengeraskan logam sehingga tahan aus dan kemampuan memotong meningkat.
- f. Menghilangkan tegangan dalam.
- g. Memperbesar atau memperkecil ukuran butiran agar seragam.
- h. Menghasilkan permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet.

Skema pada proses ini secara sederhana dapat digambarkan melalui diagram temperatur terhadap waktu seperti gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram Temperatur Terhadap Waktu [7]

Ketiga kondisi proses di atas tergantung dari sifat yang ingin dicapai. Selama pemanasan dan pendinginan diharapkan didalam logam terjadi perubahan struktur mikro yang pada akhirnya akan diperoleh sifat baru yang kita inginkan. Perlu kita ketahui bahwa struktur mikro yang terjadi pada akhir proses perlakuan panas dipengaruhi oleh :

1. Komposisi unsur dalam material dan *hardenability*.
2. Proses perlakuan panas yang dilakukan pada bahan.
3. Struktur/ kondisi awal material.

2.2.2 Karburisasi (*Carburizing*)

Karburisasi adalah suatu proses penambahan kandungan unsur karbon pada permukaan baja. Baja dan zat penambah karbon dipanaskan sampai suhu austenit (diatas suhu A_{c1}). Besi pada suhu sekitar suhu kritis mempunyai afinitas terhadap karbon. Karbon akan menyusup kedalam rongga-rongga besi membentuk larutan padat dengan besi. Semakin lama waktu pengarbonan maka semakin banyak karbon yang berdifusi kedalam baja. Waktu pengarbonan pada prinsipnya ditentukan berdasarkan ketebalan lapisan keras yang diinginkan. Karbonisasi biasanya memerlukan proses pemanasan bahan sampai diatas suhu kritis yaitu 900°C - 950°C dalam lingkungan yang menyerahkan karbon dan dibiarkan beberapa lamanya pada suhu tersebut dan yang kemudian didinginkan (Beumer,1980). *Carburizing* atau pengarbonan

bertujuan memberikan kandungan karbon yang lebih banyak pada bagian permukaan dibanding inti bagian benda kerja, sehingga kekerasan bagian permukaan dan lebih meningkat. Proses karbonisasi dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu *temperature*, waktu atau lamanya perlakuan serta media karbon yang digunakan (Amanto, 1999). *Carburizing* (pengarbonan) umumnya diterapkan pada jenis baja yang tidak mudah dikeraskan atau baja mengandung karbon (C) kurang dari 0,3% dengan demikian agar baja tersebut dapat dikeraskan permukaannya. Perubahan komposisi baja terjadi dengan jalan melarutkan karbon pada permukaan baja, cara seperti itu dapat meningkatkan komposisi karbon pada baja berkisar antara 0,3 sampai 0,9%C (Suratman, 1994).

2.2.3 Holding Time

Holding time adalah suatu proses mempertahankan suhu pada waktu tertentu sehingga temperaturnya merata dan perubahan strukturnya terjadi secara merata pula. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses *hardening* dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur *austenitnya homogen* atau terjadi kelarutan karbida ke dalam *austenite*, difusi karbon dan unsur paduannya. Baja perlu ditahan pada suhu *austenite* untuk memberikan kesempatan larutnya *karbida* dan lebih *homogen austenite*.

Waktu penahanan sangat berpengaruh pada saat transformasi karena apabila waktu penahanan yang diberikan kurang tepat atau terlalu cepat, maka transformasi yang terjadi tidak sempurna dan tidak *homogen* selain itu waktu tahan terlalu pendek akan menghasilkan kekerasan yang rendah hal ini dikarenakan tidak cukupnya jumlah *karbida* yang larut dalam *larutan* (Pramono, A. 2011 :32-38). Pedoman untuk menentukan waktu penahanan dari berbagai jenis baja dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Jenis baja dan waktu tahan yang dibutuhkan pada proses perlakuan panas saat *carburizing* [8]

Jenis Baja	Waktu tahan (menit)
Baja karbon dan baja paduan rendah	5-15
Baja paduan menengah	15-25
<i>Low alloy tool steel</i>	10-30
<i>High alloy chrome steel</i>	10-60
<i>Hot work tool steel</i>	15-30

Ketebalan benda uji sangat mempengaruhi pemberian waktu penahanan pada saat proses austenisasi. Secara matematis pemberian waktu penahanan terhadap ketebalan benda uji dapat ditulis pada persamaan berikut :

$$T = 1,4 \times H \quad (2.1)$$

dengan :

T = waktu penahanan (menit)

H = tebal benda kerja (mm)

2.2.4 Quenching

Quenching adalah salah satu proses perlakuan panas baja dengan cara pemanasan pada suhu tertentu berkisar bergantung pada kandungan karbon yang dimiliki oleh baja itu sendiri, kemudian setelah mencapai suhu maksimal yang ditentukan ditahan selama beberapa saat, lalu di dinginkan secara mendadak dengan media pendingin seperti air, oli, air garam, minyak maupun pendingin lainnya. *Quenching* itu sendiri merupakan suatu bagian dari proses *hardening*. *Quenching* dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi, kekuatan, dan *strength* yang lebih baik. Kekerasan yang dihasilkan juga tergantung pada kandungan karbon dan kekerasan yang terjadi tergantung pada *temperature* pemanasan, *holding time*, laju pendinginan yang dilakukan dan ketebalan sampel. Untuk memperoleh kekerasan yang baik (martensit yang keras) maka pada saat pemanasan harus dapat dicapai struktur *austenit*, karena hanya austenit yang dapat bertransformasi menjadi *martensit*.

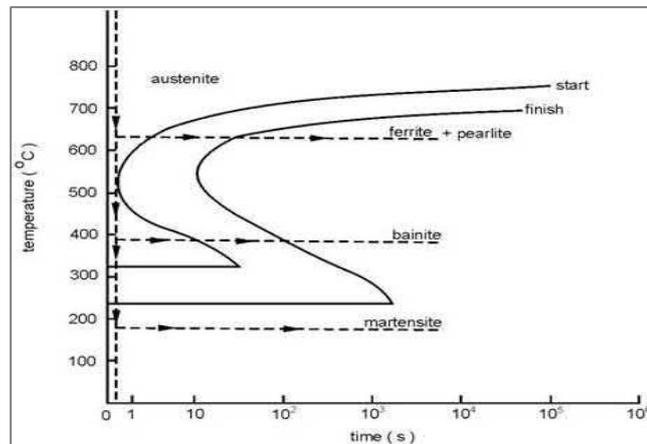
Perlakuan panas *hardening* adalah proses kombinasi antara proses pemanasan dan pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu (Trihutomo 2015: 29) . Perlakuan panas menuntut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan, jangka waktu penghentian yang memadai pada suhu pengerasan dan pendinginan (pengejukan) berikutnya secara cepat dengan kecepatan pendinginan kritis. Akibat pengejukan dingin dari daerah suhu pengerasan ini, dicapai suatu keadaan paksaan bagi struktur baja yang merangsang kekerasan, oleh karena itu maka proses pengerasan ini disebut pengerasan kejut.

Setelah proses *hardening* selanjutnya akan dilakukan proses pendinginan atau *Quenching* merupakan pendinginan secara cepat suatu logam dengan pencelupan pada media pendingin. Kekerasan maksimum dapat terjadi dengan mendinginkan secara mendadak sampel yang telah dipanaskan sehingga mengakibatkan perubahan struktur mikro. Laju pendinginan tergantung pada beberapa faktor yaitu *temperatur medium*, panas spesifik, panas pada penguapan, *konduktivitas termal medium*, *viskositas*, dan *agritasi* (aliran media pendingin). Laju pendinginan tergantung pada beberapa faktor yaitu *medium*, panas spesifik, panas pada penguapan, *konduktifitas termal medium*, *viskositas*, dan *agritasi* (aliran media pendingin). Kecepatan pendinginan dengan air lebih besar dibandingkan pendinginan dengan oli, sedangkan pendingin dengan udara memiliki kecepatan yang paling kecil (Syaefudin, 2001).

Proses *quenching* melibatkan beberapa faktor yang saling berhubungan. Pertama yaitu jenis media pendingin dan kondisi proses yang digunakan, yang kedua adalah komposisi kimia dan *hardenability* dari logam tersebut. *Hardenability* merupakan fungsi dari komposisi kimia dan ukuran butir pada temperatur tertentu. Selain itu, dimensi dari logam juga berpengaruh terhadap hasil proses *quenching*.

1. Pendinginan tidak menerus

Jika suatu baja didinginkan dari suhu yang lebih tinggi dan kemudian ditahan pada suhu yang lebih rendah selama waktu tertentu, maka akan menghasilkan struktur mikro yang berbeda. Hal ini dapat dilihat pada diagram *Isothermal Transformation Diagram* di bawah ini.



Gambar 2.2 Isothermal Transformation Diagram [8]

Berikut beberapa penjelasan tentang diagram di atas :

- a) Bentuk diagram tergantung dengan komposisi kimia terutama kadar karbon dalam baja tersebut.
- b) Untuk baja dengan kadar karbon kurang dari 0,83% yang ditahan suhunya dititik tertentu dan letaknya dibagian atas dari kurva C, akan menghasilkan struktur perlit dan ferit.
- c) Jika ditahan suhunya pada titik tertentu bagian bawah kurva C tapi masih disisi sebelah atas garis horizontal, maka akan mendapatkan struktur mikro Bainit (lebih keras dari perlit).
- d) Bila ditahan suhunya pada titik tertentu di bawah garis horizontal, maka akan mendapat struktur *Martensit* (sangat keras dan getas).
- e) Semakin tinggi kadar karbon, maka kedua buah kurva C tersebut akan bergeser kekanan.
- f) Ukuran butir sangat dipengaruhi oleh tingginya suhu pemanasan, lamanya pemanasan dan semakin lama pemanasannya akan timbul butiran yang lebih besar. Semakin cepat pendinginan akan menghasilkan ukuran butir yang lebih kecil.

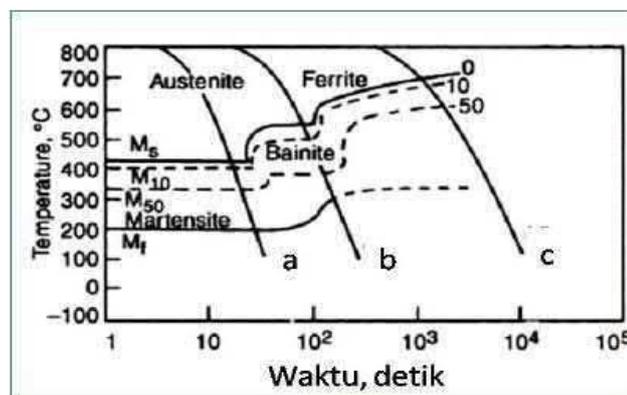
2. Pendinginan Terus Menerus

Dalam prakteknya proses pendinginan pada pembuatan material baja dilakukan secara menerus mulai dari suhu yang lebih tinggi sampai dengan suhu rendah. Pengaruh kecepatan pendinginan terus menerus terhadap struktur mikro

yang terbentuk dapat dilihat dari diagram *Continuous Cooling Transformation Diagram*.

Penjelasan diagram *Continuous Cooling Transformation Diagram* :

- menunjukkan pendinginan secara kontinyu yang sangat cepat dari *temperature austenite* sekitar 920 °C ke *temperatur* 200°C. Laju pendinginan cepat ini menghasilkan *dekomposisi fasa austenite* menjadi *martensit*. *Fasa Austenite* akan mulai terdekomposisi menjadi *martensit* pada *Temperature MS* (*Martensite Start*). Sedangkan akhir pembentukan *martensite* akan berakhir ketika pendinginan mencapai *temperature MF* (*martensite finish*). Kurva pendinginan
- menunjukkan pendinginan kontinyu dengan laju sedang/*medium* dari *temperature* 920°C ke 250°C. Dengan laju pendinginan kontinyu ini fasa austenite terdekomposisi menjadi struktur bainit. Kurva pendinginan.
- menunjukkan pendinginan kontinyu dengan laju pendinginan lambat dari temperatur 920°C ke 250°C. Pendinginan lambat ini menyebabkan fasa *austenite* terdekomposisi menjadi fasa ferit dan perlit.



Gambar 2.3 *Continuous Cooling Transformation Diagram* [16]

2.3 Media Pendingin

Adapun media pendingin yang biasa digunakan dan yang akan di gunakan didalam penelitian.

2.3.1 Media Pendingin yang umum digunakan

Media pendingin yaitu suatu bahan yang digunakan untuk mendinginkan suatu spesimen yang sudah dipanaskan pada proses perlakuan panas. Media pendingin ini diperlukan untuk merubah sifat mekanik baja agar mendapatkan sifat yang lebih keras dari sebelumnya. Ada banyak media yang dipakai untuk proses perlakuan panas ini diantaranya air, oli, udara, dan air garam. Namun seiring dengan berkembangnya dunia pendidikan media pendingin banyak ditemukan untuk digunakan pada proses perlakuan panas. Berbagai bahan media pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antara lain:

1. Air

Air adalah senyawa kimia dengan rumus kimia H_2O . Air memiliki sifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau. Air memiliki titik beku $0^{\circ}C$ dan titik didih $100^{\circ}C$. Pendinginan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang cepat dibandingkan dengan oli (minyak) karena air dapat dengan mudah menyerap panas yang dilewatinya dan panas yang terserap akan cepat menjadi dingin. Kemampuan panas yang dimiliki air besarnya 10 kali dari minyak. Sehingga akan dihasilkan kekerasan dan kekuatan yang baik pada baja. Pendinginan menggunakan air menyebabkan tegangan dalam, distorsi dan retak (Gary, 2011).

2. Minyak

Minyak yang digunakan sebagai fluida pendingin dalam perlakuan panas adalah yang dapat memberikan lapisan karbon pada kulit (permukaan) benda kerja yang diolah. Selain minyak yang khusus digunakan sebagai bahan pendinginan pada proses perlakuan panas, dapat juga digunakan minyak bakar atau oli. Viskositas oli dan bahan dasar oli sangat berpengaruh dalam proses pendinginan sampel. Oli yang mempunyai viskositas lebih rendah memiliki kemampuan penyerapan panas lebih baik dibandingkan dengan oli yang mempunyai viskositas lebih tinggi karena penyerapan panas akan lebih lambat.

3. Udara

Pendinginan udara dilakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat. Udara yang disirkulasikan ke dalam ruangan pendinginan

dibuat dengan kecepatan yang rendah. Udara sebagai pendingin akan memberikan kesempatan kepada logam untuk membentuk kristal-kristal dan kemungkinan mengikat unsur-unsur lain dari udara.

4. Garam

Garam dipakai sebagai bahan pendinginan disebabkan memiliki sifat mendinginkan yang teratur dan cepat. Bahan yang didinginkan di dalam cairan garam akan mengakibatkan ikatannya menjadi lebih keras karena pada permukaan benda kerja tersebut akan mengikat zat arang. Cairan garam merupakan larutan garam dan air, titik didih larutan akan lebih tinggi daripada pelarut murninya. Keuntungan menggunakan air garam sebagai media pendingin adalah pada proses pendinginan suhunya merata pada semua bagian permukaan, tidak ada bahaya oksidasi, karburasi atau dekarburasi.

Tabel 2.2. Koefisien media pendingin pada perpindahan panas [13]

Media Pendingin	Koefisien Perpindahan Panas (W/m ² K)
Udara	35
Minyak	2000
Air	5000

2.3.2 Media pendingin yang digunakan dalam penelitian

Adapun media pendinginan yang di gunakan untuk penelitian ini yaitu :

1. Minyak kotor sawit (MIKO)

Minyak kotor kelapa sawit adalah cairan dengan konsistensi yang kental dengan warna kecoklatan, yang memilki kandungan air (95-96%),minyak (0,6-0,7 %),dan 4-5% total padatan yang terutama berasal dari puing-puing buah dengan nilai BOD (Biochemical Oxygen Demand) dan COD (Chemichal Oxygen Demand) yang sangat tinggi (nilai COD sering lebih besar dari 80.000 mg/l). apabila limbah tersebut dibuang mengkomsumsi oksigen terlarut dalam air.

Tabel 2.3 kandungan minyak kotor sawit [6]

Parameter	Satuan	konsentrasi
Ph	-	4,7
Temperature	oC	8-9
BOD 3 hari 300cc	Mg/l	25000
COD	Mg/l	50000
Total Solid	Mg/l	40500
Suspended solid	Mg/l	18000
Total volatile solid	Mg/l	34000
Amonical-nitrogen	Mg/l	35
Total nitrogen	Mg/l	750
Phosporus	Mg/l	18
Potassium	Mg/l	2270
Magnesium	Mg/l	615
Kasium	Mg/l	439
Boron	Mg/l	7,6
Iron	Mg/l	46,5
Manganese	Mg/l	2,
Zinc	Mg/l	2,3

2. Minyak kernel kelapa sawit (*PKO*)

Minyak kernel kelapa sawit merupakan minyak nabati yang dapat di makan berasal dari kelapa sawit, komposisi asam lemak asam lemak minyak inti kelapa sawit mirip dengan minyak kelapa keduanya disebut dengan minyak laurat berbeda dengan minyak sawit yang berwarna merah jingga, minyak inti kelapa sawit berwarna kuning berasal dari hasil olahan lanjut kernel atau inti kelapa sawit. Minyak kernel kelapa sawit merupakan minyak nabati yang dapat di makan berasal dari kelapa sawit, komposisi asam lemak asam lemak minyak inti kelapa sawit mirip dengan minyak kelapa keduanya disebut dengan minyak laurat berbeda dengan minyak sawit yang berwarna merah jingga, minyak inti kelapa sawit berwarna kuning berasal dari hasil olahan lanjut kernel atau inti kelapa sawit.

Tabel 2.4 minyak kernel kelapa sawit [6]

Senyawa kimia	Komposisi	Rasio
Methyl octanoate	2,52	1083
Methyl nonanoate	0,34	1183
Methyl deconoate	3,10	1283
Methyl decanoate	0,44	1282
Methyl dodecanoate	19,49	1481
Methyl tetradecanoate	9,97	1680
11-hexadecenal	1,67	1808
14-methyl pentadecanoate	10.40	1814
Hexadecanoid acid	4.93	1968
Methyloctadecanoate	0.60	2077
12-methyl octadecanoate	17.90	2085
Octadecanoid	9.74	2167
6-octadecanoid	14.69	2175
2-hydroxy decanoate	2.18	2498
3-hydroxy 9octadecenoate	2.62	2527

3. Crude Palm Oil (CPO)

Crude Palm Oil (CPO) atau minyak sawit mentah adalah minyak *nabati edibel* yang didapatkan dari mesocarp buah pohon kelapa sawit, umumnya dari spesies *Elaeis guineensis* dan sedikit dari spesies *Elaeis oleifera* dan *Attalea maripa*. (Reeves,1979 dalam wikipedia.org). Minyak sawit secara alami berwarna merah karena kandungan *beta-karoten* yang tinggi. Minyak sawit berbeda dengan minyak inti kelapa sawit (*palm kernel oil*) yang dihasilkan dari inti buah yang sama. Minyak kelapa sawit juga berbeda dengan minyak kelapa yang dihasilkan dari inti buah kelapa (*Cocos nucifera*). Perbedaan ada pada warna (minyak inti sawit tidak memiliki *karotenoid* sehingga tidak berwarna merah), dan kadar lemak jenuhnya. Minyak sawit mengandung 41% lemak jenuh, minyak inti sawit 81%, dan minyak kelapa 86%. (Harold McGee, 2004)

Menurut komposisi ekor (yang dapat berupa) :

- a. *Hidrokarbon* rantai *Hidrokarbon aromatik* (arena), *alkana* (alkil), *alkena*, *sikloalkana*, *alkuna*.
- b. *Alkil eter* rantai
 - *Teretoksilasi surfaktan* : *polietilen oksida* dimasukkan untuk meningkatkan karakter hidrofilik dari surfaktan.

- *Propoxylated surfaktan* : *polypropylene* oksida dimasukkan untuk meningkatkan sifat *lipofilik* dari *surfaktan*.
- c. *Fluorocarbon* rantai dan *siloxane* rantai fluorosurfactants dan *surfaktan siloxane*.

Tabel 2.5. Komponen penyusun minyak sawit [14]

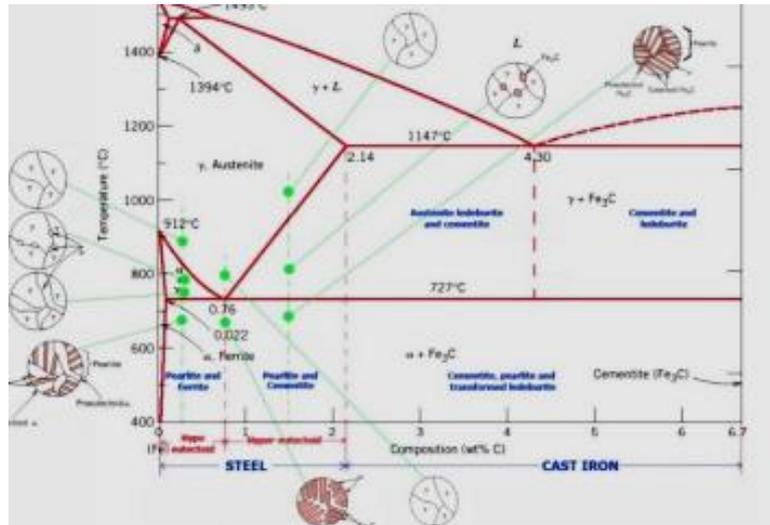
Komponen	Komposisi (%)
Trigliserida	95,62
Asam lemak bebas	4,00
Air	0,20
Phosphatida	0,07
Karoten	0,03
Aldehid	0,07

Tabel 2.6 Sifat fisikokimia (CPO) [14]

Spesifikasi	MES (C16-C18)
metil ester sulfonat, (% b/b) a	83,0
Disodium karboksi sulfonat (di-salt), (% b/b) a	3,5
Air (% b/b) a	2,3
Nilai pH a	5,3
Warna Klett, 5% aktif (MES + di-salt)	45
Tegangan permukaan (mN/m) b	39,0 – 40,2
Tegangan antar muka (mN/m) b	8,4 – 9,7

2.4 Diagram Fasa Fe-Fe₃C

Diagram fasa besi-besi karbida dapat dilihat pada Gambar 2.2. Diagram ini dihasilkan pada proses pendinginan lambat. Baja dan besi yang ada kebanyakan berupa paduan besi dengan karbon, dimana karbonnya berupa senyawa *interstitial* (sementit). Sementit merupakan struktur logam yang stabil. Selain unsur karbon pada besi dan baja terkandung kurang lebih 0,25% Si, 0,3%-1,5% Mn serta unsur pengotor lain seperti P, dan S. Karena unsur-unsur tadi tidak digunakan dengan menghiraukan adanya unsur-unsur tersebut



Gambar 2.4 Diagram fase Fe - Fe₃C (Avner, 1994) [4]

2.5 AISI

AISI adalah lembaga khusus Amerika yang membuat standar untuk komposisi baja. AISI juga pembantuan bahwa 2 digit pertama adalah kode jenis baja (*karbon tinggi, paduan tinggi, baja tahan karat, dll.*), Serta 2 digit terakhir pernyataan kadar karbon dalam baja tersebut. (Prabowo Aryo Aji, 2019)

2.5.1 Baja AISI 4130

Baja AISI 4130 merupakan jenis baja karbon rendah dengan unsur karbon (1,40-1,70)% Ni, (0,90- 1,40)% Cr, dan (0,20-0,30)% Mo. Baja AISI 4130 setara dengan baja DIN CK22.C22, JIS S20C. Menurut standar AISI (American Iron and Steel Institute) dan DIN CK22.C22, baja AISI 4130 mempunyai komposisi kimia (0,20-0,30)% C, (0,15-0,35)% Si, (0,50-0,70)% Mn, 0,035% P, 0,035% S, (1,40-1,70)% Ni, (0,90- 1,40)% Cr, dan (0,20-0,30)% Mo. Baja AISI 4130 secara luas mudah tersedia sebagai Gear, billetbar, batang forging, lembaran, tabung, dan kawat las. Aplikasi yang umum dari baja ini adalah baut, sekrup, roda gigi, batang piston untuk mesin, roda pendaratan, dan komponen landing gear pesawat terbang. Baja AISI 4130 dengan kadar paduannya memungkinkan baja ini untuk dikeraskan dengan perlakuan panas. Salah satu perlakuan panas yang bisa digunakan pada baja ini yaitu proses *hardening*, dengan proses hardening baja

AISI 4130 bisa mengalami perubahan sifat mekanik. dengan variasi suhu *austenisasi* pada baja AISI 4130 yang di *quenching* dengan oli (ASM handbook vol.1, 2005).

Tabel 2.7. Beberapa jenis baja karbon berdasarkan klasifikasi AISI-SAE [2]

Alloy AISI-SAE number	Chemical composition (Wt)	Condition	Tensile strength (ksi)	(Mpa)	Tield strength (ksi)	(Mpa)	Elongation, %	Typical applications
1010	0,10C,0,40Mn	Hot-rollerd Cold-rolled	0-60 42-58	76-414 290-400	6-45 23-38	79-310 159-262	8-47 30-45	Sheet and strip for drawing: wire, rod, and nails and screws: concrete reinforcement bar
1020	0,20C, 0,45Mn	As rolled Annealed	65 57	448 393	48 43	331 297	36 36	Steel plate and struktural section : shafts, gears
1040	0,40C, 0,45Mn	As rolled Annealed Tempered	90 75 116	621 517 800	60 51 86	414 352 593	25 30 20	Shafts, studs, high-tensile lubing, gear
1060	0,60C, 0,65Mn	As rolled Annealed Tempered	118 91 160	814 628 110	70 54 113	483 483 780	17 22 13	Spring wire, forging dies, rollood wheels
1080	0,80C, 0,80Mn	As rolled Annealed Tempered	140 89 189	967 614 304	85 54 142	586 373 980	12 25 12	Music wire, helical springs, cold chisels, forging die blocks
1095	0,95C, 0,40Mn	As rolled Annealed Tempered	140 95 183	966 656 263	83 56 118	573 379 814	9 13 10	Dies, punches, taps, milling cutters, shear blades, high-tensile wire

2.5.2 Sifat Mekanik Baja

Sifat mekanik suatu bahan adalah kemampuan bahan untuk menahan bebanbeban yang dikenakan padanya. Beban-beban tersebut dapat berupa beban tarik, tekan, bengkok, geser, puntir, atau beban kombinasi (Murtiono, Arief. 2012 : 59). Sifat-sifat mekanik salah satunya adalah:

1. Kekerasan (*hardness*) dapat didefenisikan sebagai kemampuan bahan untuk bertahan terhadap goresan, pengikisan (abrasi), penetrasi. Sifat ini berkaitan erat dengan sifat keausan (*wear resistance*). Dimana kekerasan ini juga mempunyai korelasi dengan kekuatan.
2. Ketangguhan (*toughness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda kerja, pada suatu kondisi tertentu. Sifat ini dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga sifat ini sulit untuk diukur.

kelelahan merupakan sifat yang sangat penting tetapi sifat ini juga sulit diukur karena sangat banyak faktor yang mempengaruhinya.

2.5.3 Baja Karbon

Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,1% hingga 1,7% sesuai tingkatannya.. *Karbon, mangan, fosfor, sulfur, silikon*, adalah elemen-elemen yang ada pada baja karbon. Selain itu, ada elemen lain yang ditambahkan untuk membedakan karakteristik antara beberapa jenis baja diantaranya: *mangan, nikel, krom, molybdenum, boron, titanium, vanadium* dan *niobium*.

Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya kita dapat mendapatkan kualitas baja yang kita inginkan. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*).

Sedangkan *Mangan* dipadukan dalam baja karbon dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan luluh dengan kandungan tidak lebih dari 0,5 % untuk dapat mencegah terjadinya kegetasan pada suhu tinggi (*hot shortness*) dan untuk mempermudah proses *rolling* saat pembentukan *raw* material. Untuk *Phosphor* (P) dan *Sulfur* (S) kedua unsur ini sedapat mungkin diminimalisir dalam paduan baja karbon, karena pada dasarnya sulit untuk mendapatkan paduan baja karbon tanpa *phosphor* dan *sulfur*. *Phosphor* menimbulkan sifat getas dan menurunkan kekuatan baja dalam menahan beban benturan pada suhu rendah. Sedangkan *Sulfur* menyebabkan baja menjadi getas pada suhu tinggi.

Karena hal itu, batas maksimal kandungan keduanya tidak boleh melebihi 0,05 %. Menurut (Murtiono,A. 2012) klasifikasi baja dibagi ke dalam tiga jenis, yaitu:

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.

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 daripada baja karbon rendah, kekuatan tarik dan batas regang yang tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin, lebih sulit 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.

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

Baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung kandungan karbon 0,6% C-1,7% C dan memiliki tahan panas yang tinggi, kekerasan 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 di 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 sebagainya.

2.6 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah satu pengujian dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang relatif kecil tanpa

kesukaran mengenai spesifikasi benda uji. Pengujian yang banyak dipakai adalah dengan cara menekankan penekanan tertentu kepada benda uji dengan beban tertentu dan mengukur bekas hasil penekanan yang terbentuk di atasnya (Surdia, 2000).

Secara umum semua sifat mekanik dapat terwakili oleh sifat kekerasan bahan, orang berasumsi bahwa yang keras itu pasti kuat, sehingga jika dibutuhkan bahan yang kuat, maka pilih bahan yang keras. ini merupakan pernyataan yang keliru, bahwa ada suatu bahan yang memiliki kesebandingan antara kekerasan dengan kekuatan itu benar tetapi ada juga sifat yang justru perbandingannya terbalik bahwa bahan yang keras akan rapuh. (Sudjana, 2008: 408).

Pengujian kekerasan merupakan kemampuan suatu bahan terhadap pembebanan dalam pembebanan yang tepat, sehingga ketika gaya tertentu diberikan pada suatu benda uji dan karena pengaruh pembebanan benda uji akan mengalami deformasi. Terdapat tiga jenis umum mengenai ukuran kekerasan, yang tergantung pada cara melakukan pengujian, ketiga jenis tersebut adalah kekerasan goresan (*scratch hardness*), kekerasan lekukan (*indentation hardness*) dan kekerasan pantulan (*rebound*) atau kekerasan dinamik (*dynamic hardness*). Untuk logam, hanya kekerasan lekukan yang banyak menarik perhatian dalam kaitannya dengan bidang rekayasa. Dapat disimpulkan kekerasan bisa didefinisikan sebagai ketahanan sebuah benda kerja terhadap *penetrasi* atau daya tembus dari bahan lain yang lebih keras (*penetrator*). Pengujian kekerasan dapat diketahui dengan cara mengukur ketahanan suatu benda terhadap penekanan, dengan cara penekanan bola baja atau *piramida intan* yang dikeraskan pada permukaan benda kerja lalu mengukur bekas penekanan dari *penetrator* tersebut. Nilai kekerasan suatu benda kerja dapat diketahui dengan pengujian kekerasan menggunakan mesin uji kekerasan (*hardness tester*) menggunakan tiga cara atau metode yang biasanya dilakukan yaitu metode *Brinell*, *Rockwell* dan *Vickers*.

a. Kekerasan *Rockwell*

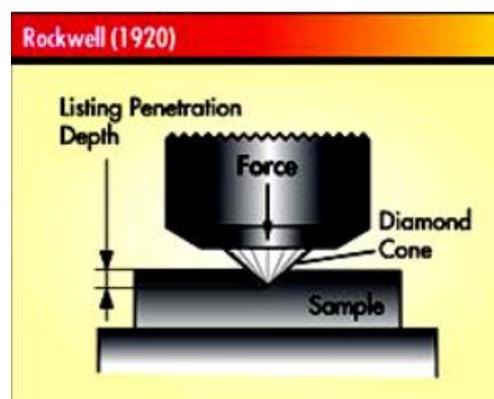
Uji kekerasan *Rockwell* sering dipakai untuk meterial yang keras. Hal ini disebabkan oleh sifat-sifatnya yaitu cepat, bebas dari kesalahan manusia, mampu

untuk membedakan perbedaan kekerasan yang kecil pada baja yang diperkeras, dan ukuran lekukannya kecil, sehingga bagian bagian yang mendapatkan perlakuan panas yang lengkap, dapat diuji kekerasannya tanpa menimbulkan kerusakan (Callister, 2000 ; Surdia dan Saito, 2000).



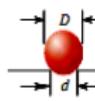
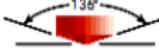
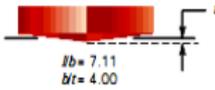
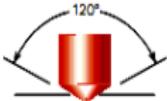
Gambar 2.5. Mesin Uji Kekerasan *rockwell* [17]

Prinsip pengujian pada metoda Rockwell adalah dengan menekankan penetrator ke dalam benda kerja dengan pembebanan dan kedalaman indentasi akan memberikan harga kekerasan yaitu perbedaan kedalaman indentasi yang didapatkan dari beban mayor dan minor.



Gambar 2.7. Pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* (17)

Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap benda uji (*spesimen*) yang berupa bola baja (*HRB*) ataupun kerucut intan (*HRC*) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Pengukurannya dapat dilakukan dengan bantuan sebuah kerucut intan dengan sudut puncak 120° dan ujungnya yang dibulatkan sebagai benda pendesak (*indenter*).

Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number ^a
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P	$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			P	$HV = 1.854P/d_1^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			P	$HK = 14.2P/l^2$
Rockwell and Superficial Rockwell	<ul style="list-style-type: none"> (Diamond cone 1/16, 1/8, 1/4, 1/2 in. diameter steel spheres 	 	 	<ul style="list-style-type: none"> 60 kg 100 kg 150 kg 15 kg 30 kg 45 kg 	<ul style="list-style-type: none"> Rockwell Superficial Rockwell

Gambar 2.6. Teknik pengujian kekerasan [17]

Pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* ini diatur berdasarkan standar DIN 50103. Adapun standar kekerasan metode pengujian *Rockwell* ditunjukkan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.8: Standar Kekerasan DIN 50103.(17)

Skala	Penekan	Beban			Skala Kekerasan	Varian Angka
		Awal	Utama	Jumlah		
A	Kerucut intan 120°	10	50	60	100	Hitam
B	Bola baja 1,558 mm (1/16")	10	90	100	130	Merah
C	Kerucut intan 120°	10	140	150	100	Hitam
D	Kerucut intan 120°	10	90	100	100	Hitam
E	Bola baja 3,175 mm (1/8")	10	90	100	130	Merah
F	Bola baja 1,558 mm	10	50	60	130	Merah
G	Bola baja 1,558 mm	10	140	150	130	Merah
H	Bola baja 3,175 mm	10	50	60	130	Merah
K	Bola baja 3,175 mm	10	140	100	130	Merah
L	Bola baja 6,35 mm (1/4")	10	50	150	130	Merah
M	Bola baja 6,35 mm	10	90	60	130	Merah
P	Bola baja 6,35 mm	10	140	100	130	Merah
R	Bola baja 12,7 mm (1/2")	10	50	150	130	Merah
S	Bola baja 12,7 mm	10	90	150	130	Merah
V	Bola baja 12,7 mm	10	140	60	130	Merah

Dalam metode *Rockwell* ini terdapat dua macam indentor yang ukurannya bervariasi, yaitu :

1. Kerucut intan dengan besar sudut 120° dan disebut sebagai *Rockwell Cone*.
2. Bola baja dengan berbagai ukuran dan disebut sebagai *Rockwell Ball*.

Untuk cara pemakaian skala ini, kita terlebih dahulu menentukan dan memilih ketentuan angka kekerasan maksimum yang boleh digunakan oleh skala tertentu. Jika pada skala tertentu tidak tercapai angka kekerasan yang akuran,

maka kita dapat menentukan skala lain yang dapat menunjukkan angka kekerasan yang jelas. Berdasarkan rumus tertentu, skala ini memiliki standar atau acuan, dimana acuan dalam menentukan dan memilih skala kekerasan dapat diketahui melalui tabel sebagai berikut :

Tabel 2.9: Skala pemakaian [17]

Skala	Pemakaiannya
A	Untuk <i>carbide cementile</i> , baja tipis, dan baja lapisan keras yang tipis
B	Untuk paduan tembaga , baja lunak ,paduan <i>aluminium</i> , dan besi tempa
C	Untuk baja, besi tuang keras, besi tempa peritik, titaniu, baja lapisan keras yang dalam, dan bahan bahan lain yang lebih keras dari pada skala B-100
D	Untuk baja tipis baja dengan lapisan keras yang sedang, dan besi tempa peritik
E	Untuk besi tuang, paduan <i>aluminium</i> , <i>magnesium</i> , dan Logam logam bantalan
F	Untuk paduan tembaga yang di lunakkan dan pelat lunak yang tipis
G	Untuk besi tempa ,paduan tembaga nikel-seng, dan tembaga-nikel
H	Untuk aluminium, seng, timbal
K	Untuk logam bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
L	Untuk logam bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
M	Untuk logam bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
P	Untuk logam bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
R	Untuk logam bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
S	Untuk logam bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
V	Untuk logam bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis

Dalam proses pengujian kekerasan metode *Rockwell* diberikan dua tahap pada proses pembebanan. Tahap Beban Minor dan Beban Mayor. Beban minor besarnya maksimal 10 kg sedangkan beban mayor bergantung pada skala kekerasan yang digunakan.

2.6.1 Cara pengujian kekerasan *Rockwell*

Cara *Rockwell* ini berdasarkan pada penekanan sebuah indentor dengan suatu gaya tekan tertentu ke permukaan yang rata dan bersih dari suatu logam yang diuji kekerasannya. Setelah gaya tekan dikembalikan ke gaya minor, maka yang akan dijadikan dasar perhitungan untuk nilai kekerasan *Rockwell* bukanlah hasil pengukuran diameter atau diagonal bekas lekukan, tetapi justru dalamnya bekas lekukan yang terjadi itu. Inilah perbedaan metode *Rockwell* dibandingkan dengan metode pengujian kekerasan lainnya.

Pengujian *Rockwell* yang umumnya dipakai ada tiga jenis, yaitu *HRA*, *HRB*, dan *HRC*. *HR* itu sendiri merupakan suatu singkatan kekerasan *Rockwell* atau *Rockwell Hardness Number* dan kadang-kadang disingkat dengan huruf R saja. atau *Rockwell Hardness Number* dan kadang-kadang disingkat dengan huruf R saja.

2.6.2 Penggunaan mesin uji kekerasan *Rockwell*

Penguji harus memasang indentor terlebih dahulu sesuai dengan jenis pengujian yang diperlukan, yaitu indentor bola baja atau kerucut intan. Setelah indentor terpasang, penguji meletakkan *specimen* yang akan diuji kekerasannya di tempat yang tersedia dan menyetel beban yang akan digunakan untuk proses penekanan. Untuk mengetahui nilai kekerasannya, penguji dapat melihat pada jarum yang terpasang pada alat ukur berupa dial *indicator pointer*