

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di Indonesia jumlah pengguna kendaraan sepeda motor semakin meningkat seiring berkembangnya bidang industri. Tidak bisa dipungkiri dengan adanya hal tersebut kebutuhan suku cadang sepeda motor juga sangat dibutuhkan terutama pada suku cadang yang mempunyai usia habis pakai. Salah satu suku cadang habis pakai adalah *sprocket gear* (roda gigi tarik). Dalam pengoperasiannya *sprocket gear* selalu bergesekan dengan rantai, khususnya untuk *sprocket gear* depan memiliki beban kerja yang lebih besar dari *sprocket gear* belakang. Hal ini disebabkan oleh dimensi *sprocket gear* depan yang lebih kecil dan tugas *sprocket gear* depan yang meneruskan putaran mesin ke roda belakang. Dari gesekan dan beban kerja yang besar tersebut menyebabkan keausan dan berkurangnya umur pakai. Maka dibutuhkan sifat kekerasan dan ketahanan aus *sprocket gear* yang tinggi.

Salah satu cara untuk meningkatkan sifat keras dan ketahanan aus *sprocket gear* sepeda motor adalah dengan melakukan *electroplating hard chrome*. *Electroplating hard chrome* merupakan sebuah nama yang diadopsi oleh industri untuk proses pelapisan listrik menggunakan *chromium* dengan tujuan lebih kearah *engineering* dibanding dengan dekoratif. Dalam kondisi operasi pelapisan normal, kekerasan lapisan yang dihasilkan mencapai 800-1.000 HV (65-70 HRC). Nilai kekerasan dan ketahanan aus yang tinggi sehingga dapat meningkatkan umur pakai komponen. Selain meningkatkan sifat keras dan ketahanan aus *electroplating hard chrome* juga berfungsi mencegah korosi dan memperindah tampilan logam yang dilapis.

Oleh karena itu pada *sprocket gear* depan sepeda motor dilakukan proses *electroplating hard chrome* bertujuan untuk mendapatkan sifat khusus permukaan seperti sifat keras, sifat tahan aus dan sifat tahan terhadap suhu yang tinggi atau gabungan dari beberapa tujuan diatas secara bersama-sama.

Berdasarkan dari latar belakang diatas maka peneliti perlu melakukan penelitian tentang “**Pengaruh Variasi Waktu Proses *Hard Chrome* Pada *Sprocket Gear* Depan Sepeda Motor Terhadap Nilai Kekerasan dan Keausan**”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan alasan pemilihan judul yang telah diuraikan diatas, maka timbul permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Proses pelapisan *hard chrome* pada komponen roda gigi tarik (*sprocket gear*) depan sepeda motor secara *electroplating*.
2. Berapa nilai kekerasan roda gigi tarik (*sprocket gear*) depan sepeda motor setelah dilapisi *hard chrome* ?
3. Berapa nilai keausan roda gigi tarik (*sprocket gear*) depan sepeda motor setelah dilapisi *hard chrome* ?

## **1.3 Batasan Masalah**

1. Objek kajian adalah komponen roda gigi tarik (*sprocket gear*) depan sepeda motor.
2. Metode *hard chrome* menggunakan *electroplating*.
3. Sifat material yang diuji adalah sifat kekerasan dan sifat keausan.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Untuk mendapatkan komponen roda gigi tarik (*sprocket gear*) depan sepeda motor yang mempunyai nilai kekerasan dan keausan yang tinggi.
2. Sebagai referensi untuk penelitian bidang material selanjutnya.
3. Memberi kontribusi terhadap dunia otomotif.
4. Menerapkan ilmu material yang dipelajari peneliti selama duduk di bangku kuliah.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Untuk memperjelas garis besar didalam penyusunan skripsi ini, maka penulis mencantumkan sistematika skripsi. Adapun sistematika skripsi ini dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu :

1. Bagian Pendahuluan berisi : halaman judul, halaman pengesahan, halaman pernyataan keaslian skripsi, motto dan persembahan, abstrak penelitian, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel dan daftar notasi.
2. Bagian isi terdiri dari :

### BAB I : PENDAHULUAN

Merupakan bagian pembuka yang berisi tentang alasan pemilihan judul, latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

### BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang penjelesan tentang *electroplating*, *hard chrome*, roda gigi tarik (*sprocket gear*), baja karbon, sifat kekerasan, dan sifat keausan.

### BAB III : METODE PENELITIAN

Memuat tentang metodologi penelitian, diagram alir penelitian, alat dan bahan penelitian, langkah-langkah penelitian, metode pengumpulan data, dan teknik analisis data.

### BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang uraian dari kegiatan penelitian yang berupa hasil penelitian dan pembahasannya.

### BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Membahas tentang kesimpulan hasil analisis data dan berisi saran-saran yang berhubungan dengan maksud dan tujuan penulisan.

3. Bagian penutup skripsi berisi daftar pustaka, lampiran-lampiran penelitian dan data-data sebagai penunjang isi skripsi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pelapisan Logam Dengan Listrik (*Electroplating*)**

##### **2.1.1 Definisi *Electroplating***

Proses pelapisan dengan cara listrik (*electroplating*) adalah proses pelapisan logam dan nonlogam yang menggunakan arus listrik searah (*Direct Current*) melalui elektrolisis. Lapis listrik memberikan suatu perlindungan logam dengan memanfaatkan logam-logam tertentu sebagai pelapis lindung atau *coating* misalnya tembaga, nikel, seng, krom, emas, perak, kuningan perunggu, dan lain sebagainya (Azhar A. Saleh, 2017), sedangkan pengertian *electroplating* yang lain adalah suatu proses pengerjaan permukaan material baik logam maupun bukan logam dan upaya meningkatkan sifat-sifat material tersebut (Arsianto, S. A. 1995).

##### **2.1.2 Prinsip Dasar *Electroplating***

Bila arus listrik searah (*Direct Current*) dialirkan antara kedua elektroda anoda dan katoda dalam larutan elektrolit dengan waktu proses pelapisan yang telah ditentukan maka pada anoda terjadi oksidasi sehingga akan terbentuk ion-ion positif, pada larutan elektrolit terjadi elektrolisis garam-garam logam. Anoda yang telah mengalami oksidasi meluruh dan larut dalam larutan elektrolit. Anoda yang meluruh menggantikan ion logam dalam larutan elektrolit yang ditarik oleh elektroda negatif (katoda). Dengan adanya hal tersebut akan terbentuk endapan pada katoda yang berupa berat lapisan.

Prinsip atau teori dasar dari proses lapis listrik berdasarkan pada Hukum Faraday yang menyatakan :

- Jumlah zat-zat (unsur-unsur) yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisis sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit.
- Jumlah zat-zat (unsur-unsur) yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama selama elektrolisis adalah sebanding dengan berat ekuivalen masing-masing zat tersebut.

Pernyataan Faraday tersebut dapat ditulis dengan rumus berikut ini :

$$B = \frac{I \cdot t \cdot e}{F} \quad (\text{Pers.2.1})$$

**Keterangan :**

- B = Berat zat yang terbentuk (gram)
- I = Arus yang mengalir (*Ampere*)
- t = Waktu (detik)
- e = Berat ekuivalen zat yang dibebaskan (berat atom suatu unsur dibagi valensi unsur tersebut)
- F = Jumlah arus yang diperlukan untuk membebaskan sejumlah gram ekuivalen suatu zat
- 1F = 96.500 C, yaitu jumlah arus listrik yang diperlukan untuk membebaskan 1 greek suatu zat

### **2.1.3 Pinsip Kerja *Electroplating***

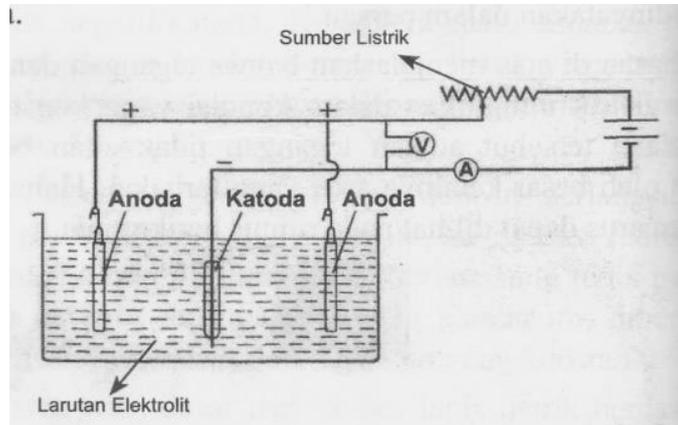
Pada prinsipnya, pelapisan logam dengan cara listrik merupakan rangkaian dari arus listrik, elektroda (anoda dan katoda), larutan elektrolit, dan benda kerja yang ditempatkan sebagai katoda. Keempat gugusan ini disusun sedemikian rupa sehingga membentuk suatu rangkaian sistem lapis listrik dengan rangkaian sebagai berikut :

- Anoda dihubungkan pada kutub positif dari sumber listrik.
- Katoda dihubungkan pada kutub negatif dari sumber listrik.
- Anoda dan katoda direndamkan dalam larutan elektrolit.

Apabila arus listrik searah dialirkan antara kedua elektroda (anoda dan katoda) dalam larutan elektrolit, maka muatan ion positif ditarik oleh katoda. Sementara ion bermuatan negatif berpindah ke arah anoda.

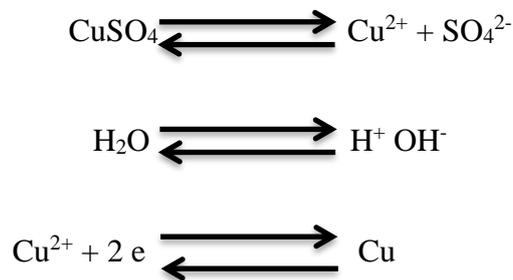
Ion-ion tersebut dinetralisir oleh kedua elektroda dan larutan elektrolit yang hasilnya diendapkan pada katoda. Hasil yang terbentuk merupakan lapisan logam dan gas hidrogen.

Untuk lebih jelasnya, rangkaian dan prinsip kerja proses lapis listrik dapat dilihat pada **Gambar 2.1**, saat benda kerja (katoda) diapit oleh dua buah anoda.

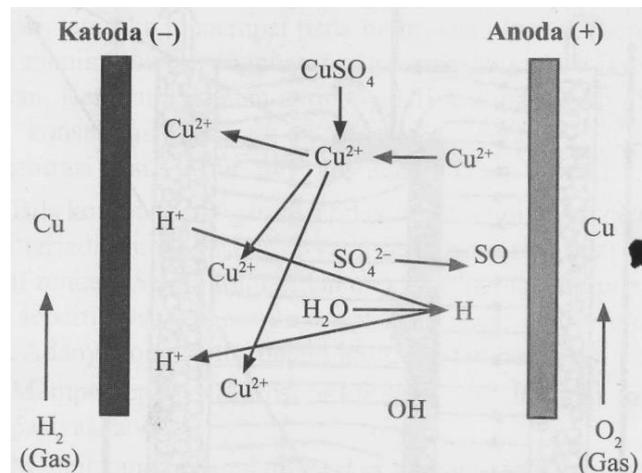


**Gambar 2.1** Rangkaian proses pelapisan *electroplating*  
(Azhar A. Saleh, 2017)

Sebagai contoh, pelat baja yang akan dilapis dengan tembaga (Cu), larutan yang digunakan adalah tembaga sulfat ( $\text{CuSO}_4$ ). Adanya perbedaan potensial pada anoda dan katoda setelah dialiri listrik, maka logam tembaga akan terurai di dalam larutan elektrolit mengandung ion-ion tembaga. Melalui elektrolit, ion-ion tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ ) akan terbawa kemudian mengendap pada permukaan katoda (pelat baja) dan berubah menjadi atom-atom tembaga. Disini terjadi reaksi reduksi ion tembaga menjadi logam tembaga sebagai berikut :



Peristiwa terjadinya reaksi pada saat proses pelapisan berlangsung dapat dilihat pada **Gambar 2.2** berikut ini.



**Gambar 2.2** Reaksi yang terjadi pada saat proses pelapisan  
(Azhar A. Saleh, 2017)

Maka, pada anoda terjadi reaksi :

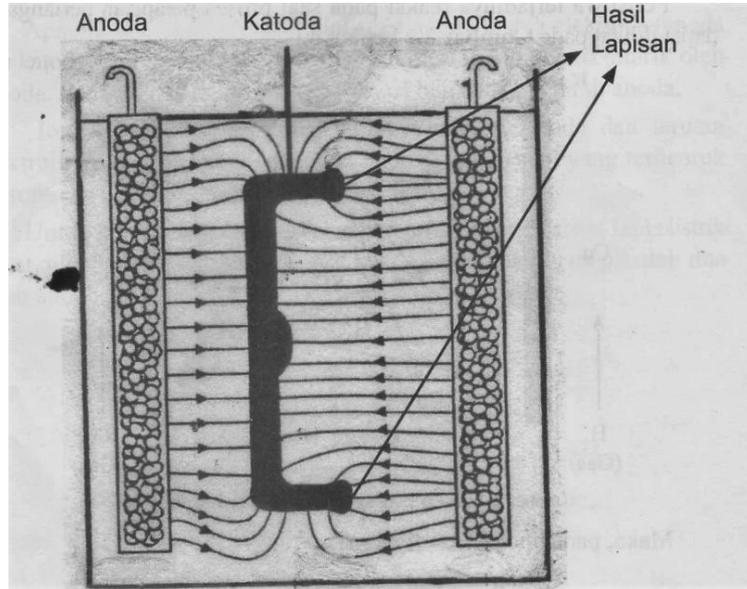


Ion-ion  $\text{H}^+$  sebagian akan mengendap pada pelat baja (katoda) dan sebagian lagi akan menguap membentuk gas  $\text{H}_2$



Hidrogen ( $\text{H}$ ) yang mengendap inilah yang perlu diperhatikan, karena gas tersebut akan menyebabkan cacat lapisan yang biasa disebut kerapuhan hidrogen (*hydrogen embrittlement*). Distribusi arus dalam menyuplai ion-ion selama proses pelapisan akan mempengaruhi kerataan lapisan.

Jarak antara bagian yang berjauhan dengan anoda, akan menerima distribusi ion yang lebih kecil dibandingkan yang berada berdekatan dengan anoda. Distribusi ion yang tidak merata akan didapat tebal lapisan yang tidak merata pula.



**Gambar 2.3** Lapisan yang tidak rata akibat pengaruh jarak katoda  
(Azhar A. Saleh, 2017)

#### 2.1.4 Proses Pelapisan *Electroplating*

Secara garis besar proses pelapisan dengan listrik dapat dikelompokkan dalam tiga tahap pengerjaan, yaitu :

##### 1. Proses Pengerjaan Persiapan/Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Sebelum lapis listrik dilakukan, permukaan benda yang akan dilapis harus dalam kondisi yang benar-benar bersih, bebas dari bermacam-macam pengotor. Hal ini mutlak agar bisa didapat hasil lapisan dengan cara listrik yang baik.

Untuk mendapatkan kondisi tersebut perlu dilakukan pengerjaan pendahuluan dengan tujuan untuk :

- Menghilangkan semua pengotor yang ada di permukaan benda kerja seperti pengotor organik, anorganik atau oksida, dan lain-lain.
- Mendapatkan kondisi fisik permukaan yang lebih baik dan lebih aktif.

**Tabel 2.1** Spesifikasi anoda larut dan unsur-unsur pengotor

<b>Anoda</b>	<b>Kemurnian (%)</b>	<b>Unsur-Unsur Pengotor</b>
1. Kadnium (Cadmium)	99,95	Ag,-AS,-Cu,-Fe,-Pb,-Sb,-Ti,-Zn.
2. Tembaga (Copper)	99,97	Ag,-Cd.
3. Paduan Timah Hitam (Lead Alloy)	99,92	Ag,-Cu,-Cd,-Zn.
4. Nikel (Nickel)	99,98	Ag,-Cd,-Cu,-Fe,-Pb,-Sn,-Zn.
5. Timah Putih (Tin)	99,92	Ag,-As,-Bi,-Cd,-Cu,-Fe,-Pb,-S,-Sb,-Ni.
6. Timah putih-Timah hitam (Tin-lead)	99,93	Ag,-As,-Bi,-Cu,-Fe,-S,-Sb,-Ni,-Zn.
7. Perak (Silver)	99,95	Bi,-Fe,-Mn,-Si,-S,-Sn,-Fe,-Zn.
8. Seng (Zinc)	99,98	Cu,-Cd,-Pb,-Sn.

Sumber : Azhar A. Saleh, 2017

Teknik pengerjaan pembersihan ini sangat bergantung dari jenis pengotornya, namun secara umum dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

a. Pembersihan secara mekanik

Pekerjaan ini bertujuan untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan goresan-goresan serta kotoran yang melekat pada benda kerja. Untuk menghilangkan dengan menggunakan gerinda, sedangkan untuk menghaluskan permukaan dengan menggunakan proses *buffing*.

b. Pencucian dengan pelarut (*solvent*)

Proses ini bertujuan untuk membersihkan lemak, minyak garam, dan kotoran-kotoran lain dengan pelarut organik.

c. Pembersihan dengan alkalin (*degreasing*)

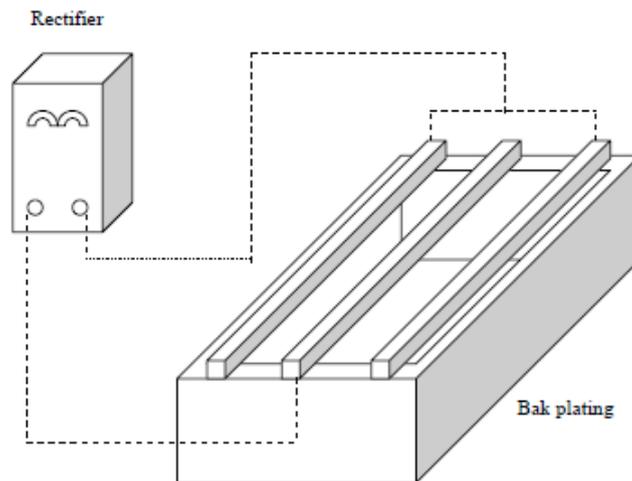
Pekerjaan ini bertujuan untuk membersihkan benda kerja dari lemak dan minyak yang direndamkan kedalam larutan alkalin.

d. Pencucian dengan asam (*pickling*)

Pencucian dengan asam bertujuan untuk membersihkan permukaan benda kerja dari oksida atau karat secara kimia melalui perendaman. Larutan asam ini terbuat dari pencampuran air bersih dengan asam pekat yaitu asam klorida (HCL), asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), dan asam fluorida (HF).

**2. Proses Pelapisan (*Electroplating*)**

Setelah benda kerja bersih dan bebas dari kotoran yang menempel, maka benda kerja tersebut telah siap untuk dilapisi dengan proses *electroplating*. Rangkaian sistem pelapisan secara *electroplating* dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 2.4** Rangkaian sistem pelapisan secara *electroplating*

(Arsianto, S. A., 1995)

Dalam operasi pelapisan, kondisi operasi penting sekali untuk diperhatikan, karena kondisi tersebut akan menentukan berhasil atau tidaknya proses pelapisan serta mutu lapisan yang dihasilkan. Kondisi operasi yang perlu diperhatikan tersebut antara lain :

a. Rapat arus (*Current density*)

Rapat arus adalah bilangan yang menyatakan jumlah arus listrik yang mengalir per luas unit elektroda. Rapat arus terbagi dalam dua macam, yaitu rapat arus katoda (*cathode current density*) dan rapat arus anoda (*anode current density*). Pada- proses electroplating, rapat arus yang diperhitungkan adalah

rapat arus katoda, yaitu banyaknya arus listrik yang diperlukan untuk mendapatkan atom-atom logam pada tiap satuan luas benda yang akan dilapis. Rapat arus dapat diatur, makin tinggi rapat arus, makin meningkat kecepatan pelapisan dan dapat memperkecil ukuran atau bentuk kristal. Tetapi bila rapat arus terlalu tinggi akan mengakibatkan lapisan kasar, bersisik dan akan terbakar atau hitam. Satuan rapat arus dinyatakan dalam  $A/dm^2$ ,  $A/Ft^2$ ,  $A/in^2$ .

b. Tegangan (*Voltage*)

Tegangan yang digunakan biasanya konstan sehingga dapat dikatakan variabelnya hanya kuat arus saja. Maksudnya, bila luas permukaan benda bervariasi, maka arus yang disesuaikan dengan ketentuan tersebut. Biasanya tegangan yang digunakan pada proses *electroplating* adalah 6-12 Volt.

c. Temperatur (Suhu Larutan)

Temperatur larutan dapat mempengaruhi karat lapisan. Kenaikan temperatur larutan akan berakibat bertambahnya ukuran butir kristal. Bila temperatur larutan tinggi, daya larutnya akan bertambah besar dan terjadi penguraian garam logam yang menjadikan tingginya konduktivitas serta bertambahnya mobilitas ion logam, tetapi viskositas larutan menjadi berkurang, sehingga endapan ion logam pada katoda akan lebih cepat bersirkulasi.

d. Keasaman (pH) Larutan

pH dipakai untuk menentukan derajat keasaman suatu larutan elektrolit, pH larutan dapat diukur dengan alat ukur pH meter atau pH *colorimeter*. Tujuan menentukan derajat keasaman ini adalah untuk melihat kemampuan dari larutan dalam menghasilkan lapisan yang lebih baik. Umumnya larutan yang bersifat basa atau alkali, derajat keasaman pH-nya berkisar antara 11-14, sedangkan untuk larutan asam, pH-nya berkisar antara 4,5-5,6. Untuk mengatur nilai sesuai dengan yang diinginkan, digunakan sodium atau potassium hidroksida dan atau asam sulfat untuk larutan yang bersifat asam.

### 3. Proses Pengerjaan Akhir (*Post Treatment*)

Benda kerja yang telah dilakukan proses *electroplating*, kemudian dibilas dengan air dan dikeringkan dibawah sinar matahari atau oven.

Namun ada juga benda kerja yang memerlukan pengerjaan lanjut misalnya, diberi lapis pelindung kromat (*chromating*) atau lapis lindung transparan dengan *lacquar*.

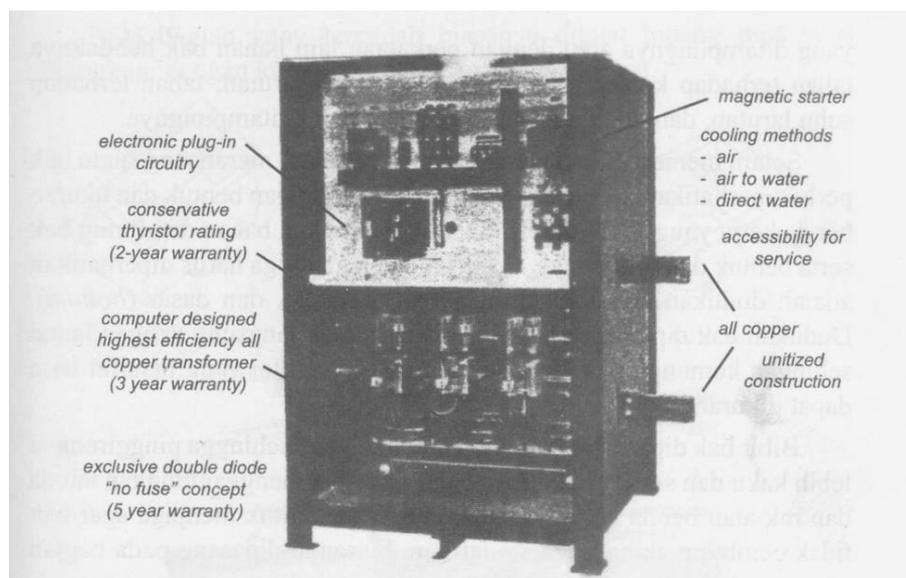
### 2.1.5 Peralatan Pelapisan *Electroplating*

Peralatan yang biasa digunakan dalam proses *electroplating* adalah sebagai berikut :

#### 1. *Rectifier* (Penyearah Arus)

Merupakan peralatan yang banyak digunakan pada proses *electroplating*, karena berfungsi sebagai arus searah (*Direct Current*) dan penurun tegangan. Arus bolak-balik dari PLN diturunkan tegangannya melalui trafo, tegangan yang telah diturunkan kemudian disearahkan dengan menggunakan dioda pada sistem *bridge stone*.

Ada dua macam *rectifier* yang dikenal pada industri-industri *electroplating*, yaitu *Rectifier Selenium* dan *Rectifier Silikon*. *Rectifier Selenium* sangat baik dipakai untuk proses lapis listrik, karena tegangan yang dihasilkan rendah (6-12 *Volt*) dan jumlah arus (*Ampere*) relatif rendah, yaitu 10-20 *Ampere*. Sedangkan *Rectifier Silikon* dapat digunakan- untuk lapis listrik dengan tegangan mencapai 250 *Volt* dan jumlah arus 100-400 *Ampere*.



**Gambar 2.5** Bentuk dan spesifikasi *rectifier*

(Azhar A. Saleh, 2017)

Selain kedua jenis tersebut diatas ada jenis *rectifier* lain, yaitu *rectifier copper-oksida*, *rectifier copper sulfida*, dan *rectifier germanium*. Untuk mengurangi panas yang berlebihan, *rectifier* perlu dilengkapi dengan pendingin seperti konveksi udara biasa (tanpa menggunakan *blower* atau sejenisnya), menggunakan *blower*, menggunakan sirkulasi oli, menggunakan air, dan menggunakan air dan udara.

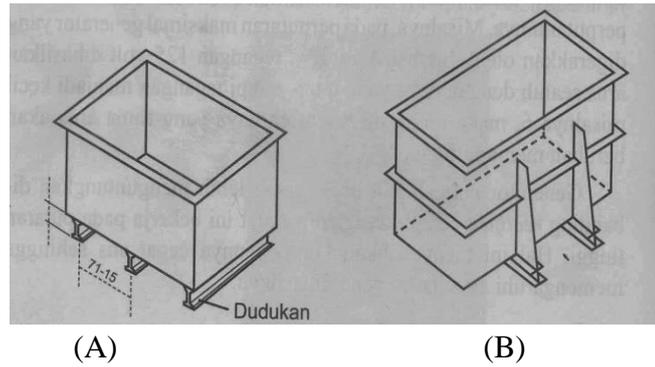
Dalam hal operasi dan pemeliharannya perlu diperhatikan bahwa *rectifier selenium* dapat dioperasikan terus menerus pada kapasitas maksimal bila panas yang terjadi tidak berlebihan. Karena rusaknya *rectifier* ini bukan disebabkan oleh arus listrik yang terjadi, tetapi karena adanya panas yang berlebihan.

## 2. Bak (Penampung Larutan)

Bak diperlukan untuk menampung larutan elektrolit, larutan pencuci, dan air pembilas. Bahan bak tergantung dari jenis dan kondisi larutan yang ditampungnya atau dengan kata lain bahan bak tahan terhadap korosi, tahan terhadap suhu larutan, dan tidak mencemari larutan yang ditampungnya.

Selain memperhatikan bahan bak, maka dalam merancang bak perlu diperhatikan konstruksinya yaitu dengan menyesuaikan bentuk dan ukuran benda kerja yang akan dilapis. Hal lain yang juga harus diperhatikan adalah dudukan (*support*), bibir (*rims*) penguat, dan dasar (*bottom*). Dudukan bak diperlukan agar tidak kontak langsung dengan lantai sehingga kemungkinan kerusakan bak akibat lantai yang basah dapat dikurangi.

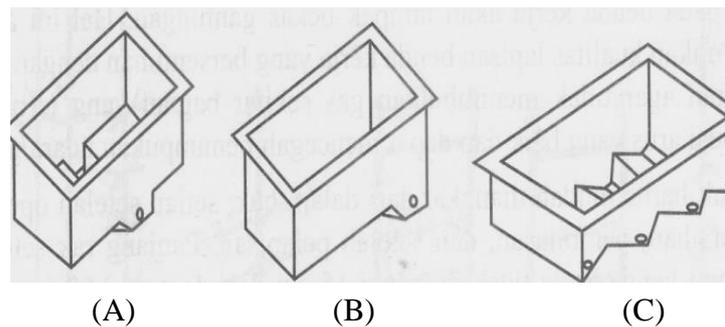
Bibir bak diperlukan untuk menguatkan bak sehingga pinggirannya lebih kaku dan sebagai dudukan batang tempat menggantungkan anoda dan rak atau benda kerja. Penguat diperlukan untuk menjaga agar bak tidak cembung akibat tekanan larutan, biasanya dipasang pada bagian pinggang bak sejajar dengan bibir bak. Dasar bak biasanya direncanakan sedemikian rupa agar mempermudah dalam pembersihan atau pengeringan larutan, biasanya dasar bak direncanakan miring atau bercelah. Bentuk-bentuk dasar bak dapat dilihat pada **Gambar 2.6** dan **Gambar 2.7**.



**Gambar 2.6** Bentuk-bentuk bak larutan (elektrolit)

- (A) Bentuk bak dengan dudukan (*support*)
  - (B) Bentuk bak dengan penguat dan dudukan
- (Azhar A. Saleh, 2017)

Pada bagian yang termdah biasanya dibuat lobang pipa yang dilengkapi dengan kran untuk jalan keluar air.



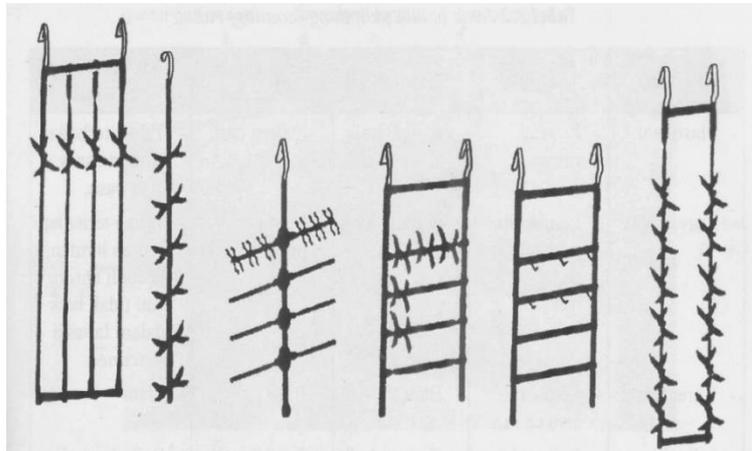
**Gambar 2.7** Bentuk-bentuk bak larutan dengan celah

- (A) Bentuk bak dengan celah tunggal di tengah
  - (B) Bentuk bak dengan celah tunggal di pinggir
  - (C) Bentuk bak dengan celah banyak
- (Azhar A. Saleh, 2017)

### 3. Rak (*Rack*)

Rak berfungsi sebagai alat untuk menggantung benda kerja dan penghantar listrik saat proses *electroplating* berlangsung. Untuk menentukan rapat arus yang akan dialirkan, bentuk, ukuran, dan bahan rak perlu diketahui dan dirancang sedemikian rupa sehingga kuat menahan beban dalam keadaan dialiri listrik, serta tidak menimbulkan panas yang berlebihan baik pada benda kerja

maupun baik itu sendiri. Dibawah ini beberapa bentuk model rak yang digunakan dalam proses *electroplating*.



**Gambar 2.8** Bentuk beberapa jenis rak gantungan benda kerja  
(Azhar A. Saleh, 2017)

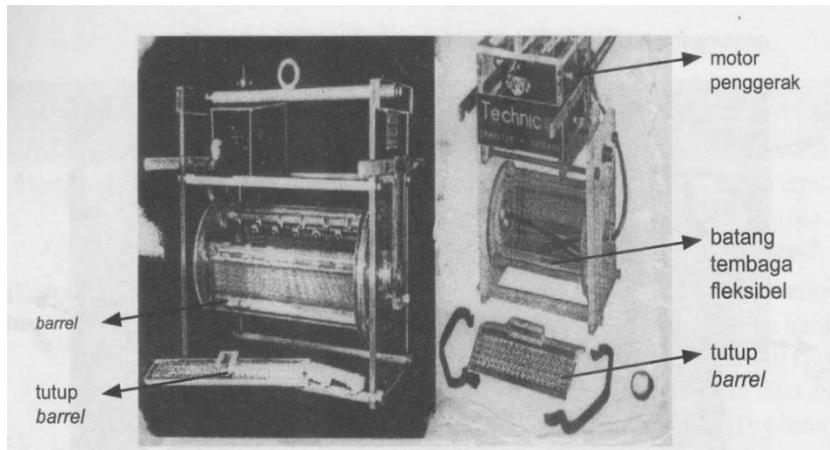
Ukuran dan jumlah titik kontak yang terbuka antara benda kerja dan rak dibuat sekecil mungkin, karena bila terlalu besar akan tampak bekas gantungan pada benda kerja, hal ini akan berdampak pada turunnya kualitas lapisan. Penempatan benda kerja pada rak, usahakan agar tidak menimbulkan gas disekitar bagian yang terbuka, distribusi arus yang baik dapat mencegah penumpukan udara atau gas. Konstruksi rak harus mudah dipindahkan dari dalam bak. Setiap operasi pembersihan, pembilasan dan setelah pelapisan selesai. Usahakan panjang rak setelah di tempati benda kerja tidak lebih dari 15 cm dari dasar bak, 12,5 cm dari sisi bak dan usahakan posisinya terendam sekurang-kurangnya 5 – 8 cm dari permukaan larutan.

#### 4. *Barrel*

*Barrel* berfungsi sebagai tempat menampung benda kerja yang akan dilapis, serta sebagai pengaduk larutan untuk menghindari penumpukan dari suatu unsur. Putaran *barrel* berkisar antara 5-8 rpm yang menyebabkan sirkulasi larutan berjalan dengan sempurna sehingga mencegah terjadinya penimbunan udara pada daerah benda kerja.

*Barrel* biasanya digunakan untuk proses pelapisan benda kerja yang berukuran kecil, contohnya *ring*, mur, baut, bros, dan lain-lain. Bentuk dan ukuran

*barrel* mempunyai standar tertentu sesuai kapasitas dan ukuran benda kerja yang akan dilapis.



**Gambar 2.9** Bentuk dan jenis *barrel* untuk proses *electroplating*  
(Azhar A. Saleh, 2017)

## 2.2 Pelapisan Krom Keras (*Hard Chrome*)

Proses pelapisan krom keras (*hard chrome*) adalah proses pelapisan krom dimana krom diendapkan secara langsung pada logam dasar tanpa menggunakan lapisan dasar (*strike*), contohnya lapisan dasar tembaga (Cu) dan lapisan dasar nikel (Ni). Pelapisan *hard chrome* dilakukan, karena memanfaatkan sifat-sifat krom dalam tujuan mendapatkan keuntungan. Keuntungan tersebut ialah sifat tahan panas, korosi, erosi, abrasi, dan koefisien gesek rendah. Oleh karena itu pelapisan *hard chrome* banyak digunakan untuk melapis produk-produk *engineering* seperti komponen-komponen kendaraan bermotor, komponen mesin tekstil, dan sebagainya.

Tingginya titik cair krom yaitu  $1.907^{\circ}\text{C}$ , membuat lapisan *hard chrome* tahan terhadap panas, kecuali bila lapisan tersebut beroperasi dalam lingkungan panas lebih dari  $400^{\circ}\text{C}$ , karena akan mempengaruhi kekerasan lapisan. Pada temperatur  $400^{\circ}\text{C}$  kekerasan lapisan mulai menurun, temperatur  $700^{\circ}\text{C}$  kekerasan menurun hingga  $450\text{ HV}$  ( $45\text{ HRC}$ ) dan pada temperatur  $1.200^{\circ}\text{C}$  kekerasan lapisan akan mencapai kekerasan krom murni yaitu  $300\text{ HV}$  ( $30\text{ HRC}$ ).

Dalam kondisi operasi pelapisan normal, kekerasan lapisan yang dihasilkan mencapai  $800\text{-}1.000\text{ HV}$  ( $65\text{-}70\text{ HRC}$ ) lebih keras dari baja yang telah melalui pengerjaan panas seperti *nutriding*, *cyaniding*, *heat treatment*, dan lain-

lain. Oleh karena itu, pelapisan *hard chrome* adalah suatu cara yang paling baik dalam usaha untuk mendapatkan permukaan yang keras, tahan gesekan, goresan, dan abrasi. Ketahanan lapisan *hard chrome* terhadap korosi tergantung tebal lapisan krom, tebal lapisan 8-10 mikron cukup efektif melindungi logam dasar terhadap media korosif ringan, tebal 13-18 mikron cukup mampu menahan korosi di atmosfer, dan ketebalan 50-75 mikron cukup efektif untuk melindungi terhadap reaksi kimia (*chemical attack*).

### 2.2.1 Jenis-jenis Larutan Elektrolit *Hard Chrome*

Larutan elektrolit yang digunakan pada pelapisan *hard chrome* sama dengan yang digunakan pada pelapisan krom dekoratif, tetapi kondisi operasinya yang berbeda, terutama pada rapat arus, pada pelapisan *hard chrome* rapat arusnya tinggi. Saat ini jenis larutan elektrolit yang digunakan pada pelapisan *hard chrom* ada dua macam. Masing-masing jenis mempunyai karakteristik dan kondisi operasi yang berbeda-beda. Komposisi dan kondisi operasi larutan tersebut dijelaskan pada **Tabel 2.2** berikut.

**Tabel 2.2** Komposisi dan kondisi operasi larutan *hard chrome*

Bahan dan Kondisi Operasi	Konsentrasi Larutan (g/L)	
	<i>Chromic Sulfat</i>	<i>Chromic Fluosilicate</i>
<b>Bahan :</b>		
- <i>Chromic Acid</i> (CrO <sub>3</sub> )	250-400	250
- Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	2,5-4	0,8-1
- <i>Sodium Fluosilicate</i> (Na <sub>2</sub> SiF)	-	2-3
<b>Kondisi :</b>		
- Temperatur (°C)	50-55	50
- Rapat arus (A/dm <sup>2</sup> )	10-40	20-50
- <i>Current</i> efisiensi (%)	15	22

Sumber : Azhar A. Saleh, 2017

Keuntungan larutan *chromic sulfat* :

- Kontrol larutan sederhana dan larutan tidak merusak logam dasar.
- Analisis larutan dapat dilakukan berkelanjutan dan langsung dengan hidrometer.
- Lapisan rata, kekerasan dapat mencapai 800-1.000 HV atau 62-65 HRC.
- Terjadi penonjolan pada operasi rapat arus tinggi.
- Efisiensi arus rendah
- Perbandingan *chromic acid* dan asam sulfat harus selalu 100 : 1

Keuntungan larutan *chromic fluosilicate* :

- Lapisan rata dan mengkilap
- Tidak terjadi lapisan yang menonjol, meskipun operasi pada apat arus tinggi.
- Rapat arus lebih tinggi dibandingkan dengan larutan *chromic sulfat*.
- Kemampuan mengendapkan ion-ion krom lebih baik.
- Frekuensi analisis larutan lebih tinggi.
- Bereaksi dengan logam dasar dan akan meningkatkan pengotor.
- Anoda mudah terkikis.

### 2.2.2 Pekerjaan Pendahuluan

Dalam proses pelapisan *hard chrome*, pengerjaan etsa (*etching*) merupakan salah satu pengerjaan pendahuluan yang sangat penting, karena pengerjaan etsa akan menentukan daya lekat (adhesi) lapisan pada benda kerja dan kontur lapisan. Pengerjaan etsa terbagi dua, yaitu pengerjaan etsa biasa dan pengerjaan etsa dengan listrik. Pengerjaan etsa biasa hanya dengan mencelupkan benda kerja ke dalam larutan etsa, sedangkan pengerjaan etsa dengan listrik yaitu dilakukan di dalam larutan elektrolit dan dialiri listrik dengan benda kerja berfungsi sebagai anoda.

Untuk lebih jelasnya pada **Tabel 2.3** dan **Tabel 2.4** berikut diuraikan beberapa komposisi dan kondisi operasi larutan dan waktu etsa beberapa jenis logam.

**Tabel 2.3** Komposisi dan kondisi operasi larutan etsa (*etching*)

No	Jenis Larutan	Temperatur (°C)	Bahan Baik	Keterangan
1	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : 500 g/L	25	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plastik</li> <li>▪ Baja dilining</li> </ul>	
2	NaOH : 200 g/L	25	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Mild steel</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ditambah NaCN : 6 g/L</li> </ul>
3	FeCl <sub>3</sub> : 250 g/L HCl : 105 g/L	25	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Polyethelene</i></li> </ul>	
4	CuOH : 30 g/L Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> : 35 g/L NaOH : 35 g/L NaK (C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> ) : 50 g/L	35	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Baja/plastik</li> </ul>	
5	NaOH : 500 g/L ZnO : 100 g/L	35	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Baja</li> </ul>	
6	HNO <sub>3</sub> : 50 % × volume	25	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Karet/plastik</li> </ul>	
7	HCl (60 %) : 100 g/L HF : 200 g/L	25	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Karet/plastik</li> </ul>	

Sumber : Azhar A. Saleh, 2017

**Tabel 2.4** Waktu pengerjaan etsa untuk beberapa logam

No	Jenis Logam	Waktu (detik)
1	Baja karbon rendah ( <i>Low carbon steel</i> )	60-120
2	Baja karbon tinggi ( <i>High carbon steel</i> )	30-60
3	Baja karbon tinggi dicelup ( <i>Quenched high carbon steel</i> )	90-180
4	Baja Ni-Cr-Mo ( <i>Ni-Cr-Mo-steel</i> )	60-120
5	Baja Ni-Cr-Mo dicelup ( <i>Quenched Ni-Cr-Mo-steel</i> )	120-240
6	Baja Ni-Cr ( <i>Ni-Cr-steel</i> )	60-120
7	Baja Ni-Cr dicelup ( <i>Quenched Ni-Cr-steel</i> )	120-240

8	Baja kecepatan tinggi ( <i>High speed steel</i> )	15-30
9	Baja tahan karat ( <i>Stainless steel</i> )	15-30
10	Kelompok besi tuang ( <i>Common grade cast iron</i> )	15-60

Sumber : Azhar A. Saleh, 2017

Pengerjaan etsa dengan listrik biasanya dilakukan langsung di dalam larutan elektrolit *hard chrome*, dimana benda kerja bertindak sebagai elektroda positif dan pelat *lead-tin* sebagai elektroda negatif, caranya dengan memutar *sweet* yang ada di *rectifier*. Sistem ini cukup menguntungkan untuk benda kerja ukuran besar karena :

- Tidak terjadi oksidasi pada permukaan benda kerja.
- Memperpendek proses, karena tidak ada proses pembilasan.
- Penghematan air bilas dan mengurangi tetesan larutan yang terbuang.
- Tidak memerlukan alat bantu yang berlebihan.
- Terbentuknya pengotor yang akan mempengaruhi hasil lapisan.

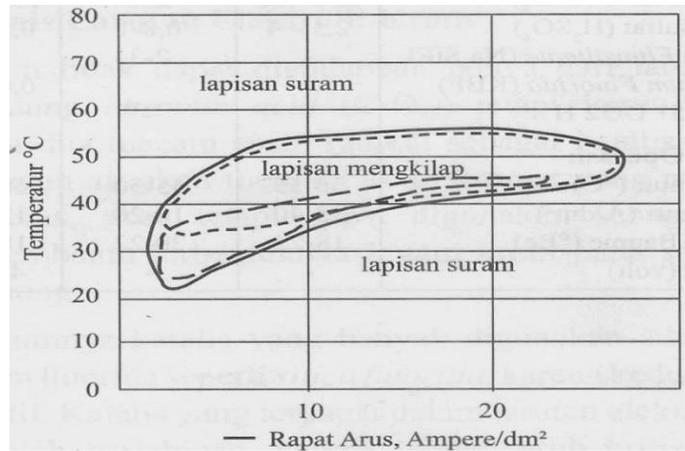
### 2.2.3 Kondisi Operasi Pelapisan *Hard Chrome*

Setelah pengerjaan etsa (*etching*), dalam operasi pelapisan *hard chrome* salah satu hal yang perlu mendapat perhatian adalah perbedaan temperatur larutan dan benda kerja. Temperatur benda kerja sewaktu akan dilapis sebaiknya sama dengan temperatur larutan. Bila tidak akan terbentuk gas hidrogen pada permukaan benda kerja, sehingga akan mengakibatkan cacat *hydrogen embrittlement* (kerapuhan hidrogen).

Untuk mengatasi agar temperatur benda kerja dan temperatur larutan sama, maka pengerjaan etsa dilakukan benda kerja bersatu dalam larutan dan secara tidak langsung dapat digunakan sebagai pemanas benda kerja. Sistem etsa seperti ini hanya mengubah fungsi dari kedua elektroda, sedangkan rapat arus akan mengikuti luas permukaan benda kerja.

Seperti pada proses pelapisan lainnya, pada proses pelapian krom, rapat arus, temperatur dan pH larutan sangat menentukan kecepatan pelapisan. Makin tinggi rapat arus makin tinggi pula kecepatan lapisan, tetapi tidak boleh terlalu tinggi karena akan menyebabkan lapisan terbakar.

Begitu pula dengan temperatur larutan, makin rendah temperatur larutan, maka makin rendah kecepatan pelapisan dan lapisan tampak suram. Sebaliknya, makin tinggi temperatur larutan, makin tinggi kecepatan pelapisan dan lapisan akan mengkilap.



**Gambar 2.10** Hubungan rapat arus dengan temperatur pada lapisan krom  
(Azhar A. Saleh, 2017)

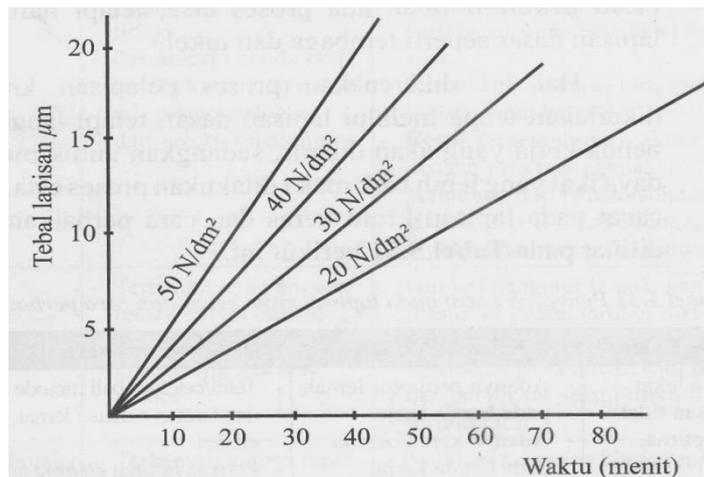
Keterangan :

----- : Daerah lapisan mengkilap untuk larutan  
CrO<sub>3</sub> : 250 g/L  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : 2,5 g/L

- . - . - . : Daerah lapisan mengkilap untuk larutan  
CrO<sub>3</sub> : 400 g/L  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : g/L

————— : Daerah lapisan mengkilap pada umumnya

Pada pelapisan *hard chrome* lebih disukai kondisi operasi, rapat arus tinggi, sedangkan temperatur larutan berkisar 45-55°C, karena akan memberikan peningkatan kecepatan dan kilapan lapisan yang lebih baik. Pada **Gambar 2.11** akan dijelaskan hubungan rapat arus dan waktu pelapisan terhadap tebal lapisan.



**Gambar 2.11** Hubungan rapat arus, waktu pelapisan dan tebal pelapisan (Azhar A. Saleh, 2017)

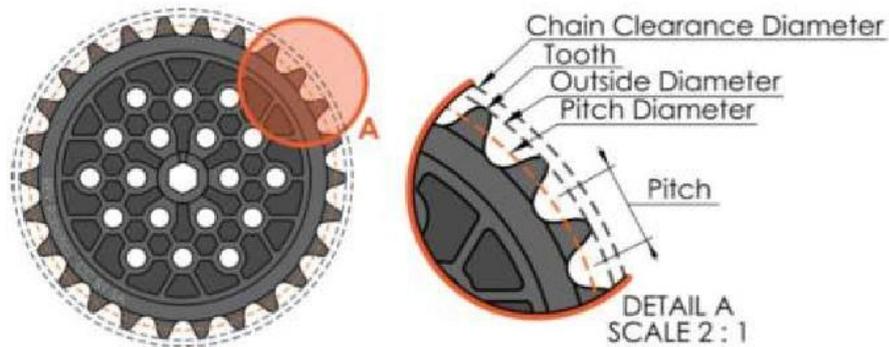
Umumnya lapisan *hard chrome* digunakan untuk *spare part* yang berfungsi menahan keausan dan ada bagian-bagian tertentu tidak memerlukan lapisan krom, karena kalau dilapis akan mempengaruhi dimensi, harga maupun sifat-sifat lainnya. Agar pada bagian yang tidak memerlukan lapisan, tidak terbentuk lapisan *hard chrome*, maka perlu dilakukan penghalang atau penyekat yang bersifat isolator ion-ion krom. Metode penyekatan ini disebut *stopping off* dan bahan-bahan yang digunakan adalah *venil chlorida*, *adhesive paste*, aluminium perekat, lakban, dan lain-lain.

### 2.3 *Sprocket Gear* (Roda Gigi Tarik)

*Sprocket gear* adalah salah satu komponen dari sepeda motor yang berpasangan dengan rantai yang digunakan untuk mentransmisikan gaya putar dari mesin ke roda belakang.

Pada sepeda bermotor, pembakaran pada mesin menghasilkan putaran yang diteruskan oleh kopling dari poros penggerak ke poros penerus. Poros penerus ini dihubungkan langsung dengan *sprocket* depan, dan putaran tersebut langsung dipindahkan *sprocket* depan melalui rantai ke *sprocket* belakang sehingga roda belakang bergerak. Jadi *sprocket* depan berfungsi sebagai pemindah putaran dari mesin ke roda belakang, yang seterusnya digunakan untuk menggerakkan sepeda motor tersebut. Pada pemindahan daya dan putaran yang

terjadi pada sepeda motor *sprocket* depan maupun *sprocket* belakang memiliki peran yang sangat penting sehingga material *sprocket* haruslah memiliki sifat-sifat tertentu seperti tahan terhadap gesekan (aus) dan memiliki ketangguhan yang cukup tinggi.



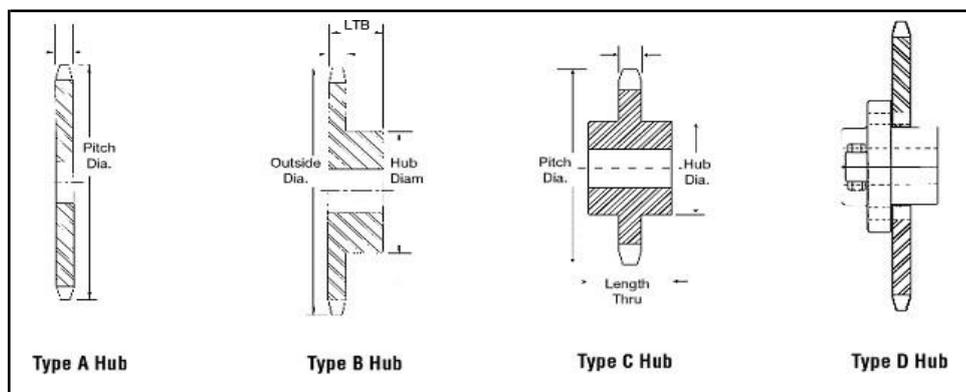
**Gambar 2.12** *Basic Sprocket Gear*

(Sumber : *revrobotics.com*)

### 2.3.1 Klasifikasi *Sprocket Gear*

Dilihat dari bentuk dan desainnya sprocket dibagi menjadi beberapa tipe yang antara lainnya:

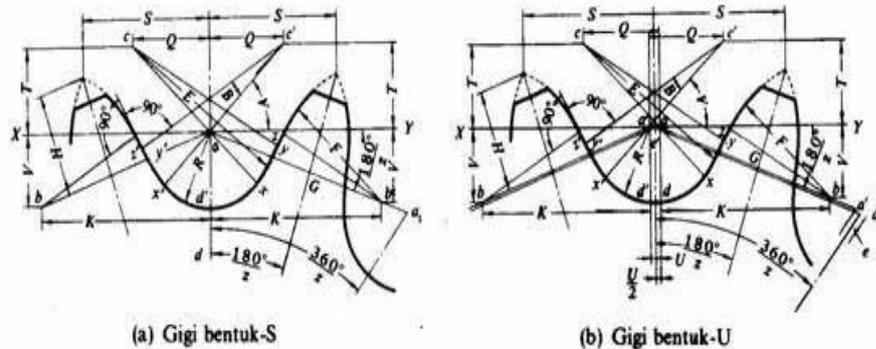
- Sprocket* yang merupakan plat lembaran murni (*plan plate*).
- Sprocket* yang memiliki Hub disalah satu sisinya.
- Sprocket* yang memiliki Hub dikedua sisinya.
- Sprocket* yang berbentuk *detachable* Hub juga menggunakan pin geser dan slip *clutch sprocket* untuk mencegah kerusakan pada penggerak atau pada komponen lain yang disebabkan oleh beban berlebih.



**Gambar 2.13** Tipe *sprocket* dilihat dari segi bentuk dan desainnya

(Sularso dan Suga, Kiyokatsu. 2008)

- *Sprocket* bentuk S dan U, bahan material adalah baja karbon
- Jumlah gigi min. 13 dan max. 10/1
- Sudut kontak rantai dan sprocket  $>120^\circ$



**Gambar 2.14** Profil gigi *sprocket* dari rantai rol  
(Sularso dan Suga, Kiyokatsu. 2008)

## 2.4 Baja Karbon (*Alloy Carbon Steel*)

Baja karbon (*alloy carbon steel*) adalah baja yang terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C), tanpa bahan pemadu yang lain. Akan tetapi, pada umumnya terdapat beberapa unsur lain dengan persentase yang sangat kecil. Unsur yang terkandung pada baja karbon adalah Si, Mn, S dan P. Keikutsertaan material di dalam baja karbon seringkali disebut *impurities*.

### 2.4.1 Sifat-Sifat Baja Karbon

#### a. Mampu Tempa (*Meallability*)

Kemampuan dapat mudah dibentuk, baik dalam keadaan dingin maupun panas tanpa mengalami kegagalan (*failure*). Misalnya saat melalui proses pengerolan atau tempa.

#### b. Ulet (*Ductility*)

Kemampuan untuk menahan beban tarik sampai mengalami patah (*fracture*).

#### c. Ketangguhan (*Toughness*)

Kemampuan suatu material untuk menyerap energi yang diakibatkan dari pembebanan sampai material tersebut mengalami patah (*fracture*). Untuk memperoleh nilai ketangguhan suatu material biasanya digunakan

pengujian impact. Pada umumnya terdapat dua tipe pengujian impact, yakni pengujian dengan metode Izod dan Charpy

d. Kekerasan (*Hardness*)

Kemampuan suatu material untuk menerima beban sampai sebelum material tersebut mengalami deformasi. Nilai kekerasan suatu material diperoleh dengan melakukan pengujian kekerasan. Terdapat beberapa jenis pengujian kekerasan, antara lain pengujian kekerasan Brinell, *Vickers*, Knop, dan *Rockwell*.

e. Kekuatan (*Strength*)

Kemampuan material untuk menerima gaya atau beban sampai sebelum material tersebut mengalami patah (*fracture*). Nilai kekuatan suatu material dapat diperoleh dengan menggunakan pengujian tarik.

f. Mampu las (*Weldability*)

Kemampuan suatu material untuk dapat dilas, baik menggunakan las busur listrik, maupun las gas.

g. Tahan Korosi (*Corrosion Resistance*)

Kemampuan suatu logam untuk menahan korosi atau karat akibat kelembaban udara, zat-zat kimia dan lain-lain.

h. Mampu Mesin (*Machinability*)

Kemampuan suatu material untuk dapat dikerjakan pada proses permesinan. Sebagai contoh proses pada mesin bubut, *milling*, CNC, dan lain-lain.

i. Kelenturan (*Elasticity*)

Kemampuan suatu material untuk kembali ke bentuk semula tanpa mengalami deformasi plastis.

j. Kerapuhan (*Brittleness*)

Sifat material yang mudah retak, patah atau pecah. Sifat ini berhubungan dengan kekekerasan material.

#### 2.4.2 Klasifikasi Baja Karbon Berdasarkan Kadar Karbon

Berdasarkan jumlah kadar karbon yang terkandung di dalamnya, baja karbon diklasifikasikan menjadi baja karbon rendah (*low carbon steel*), baja karbon sedang (*medium carbon steel*) dan baja karbon tinggi (*high carbon steel*). Kadar karbon yang terkandung memberikan sifat dan karakteristik yang berbeda-beda.

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

Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon 0,05% sampai 0,25%. Unsur karbon yang rendah menyebabkan baja karbon memiliki sifat yang identik dengan besi murni. Baja karbon rendah ditinjau dari kekuatannya memiliki sifat sedang, ulet dan tangguh. Baja jenis ini memiliki sifat mampu mesin dan mampu las yang tinggi. Baja karbon rendah memiliki kekuatan yang rendah sehingga mudah dibentuk, namun untuk meningkatkan kekerasan pada permukaannya dapat dilakukan dengan proses karburasi.

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

Baja karbon sedang memiliki kandungan karbon 0,26% sampai 0,54%. Baja karbon sedang memiliki keuletan dan kekuatan yang dapat dikatakan berimbang. Selain itu baja jenis ini memiliki sifat tahan aus yang baik sehingga digunakan pada sebagian besar komponen mesin dan kendaraan bermotor.

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

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon 0,55% sampai 0,95%. Baja jenis ini sangat kuat dan pada umumnya digunakan untuk material pegas (*spring*) serta kabel-kabel dengan kekuatan tinggi. Sifat kekuatan yang tinggi secara otomatis menyebabkan sifat ketangguhannya rendah. Dengan kata lain, baja karbon tinggi merupakan material yang getas. Untuk meningkatkan sifat keuletannya dapat dilakukan melalui proses *tempering*.

**Tabel 2.5** Kadar karbon berdasarkan fungsi atau sifat

<b>Kadar Karbon (% C)</b>	<b>Fungsi atau Sifat</b>
0,01% - 0,1%	1. Mampu bentuk (proses <i>deep drawing</i> ) 2. Baja-baja yang dimagnetisasikan 3. Baja-baja untuk proses <i>case Hardening</i>
0,15% - 0,35%	1. Untuk baja-baja konstruksi 2. Untuk baja-baja <i>free machining</i>
0,4% - 0,8%	1. Untuk konstruksi kekuatan baja 2. Untuk baja-baja perkakas ( <i>Heat treat able steel, Hot work steel, Spring steel</i> )
0,8% - 1,4%	1. <i>Tool steels</i> 2. Baja-baja tahan aus ( <i>wear resistance steels</i> )
1,4% - 1,7%	1. Untuk baja-baja pada proses pengerjaan dingin 2. <i>High Speed Steel (HSS)</i>

## **2.5 Sifat Kekerasan (*Hardness*)**

Sifat kekerasan adalah kemampuan suatu material terhadap beban dari luar. Prinsip dasar uji keras adalah ketahanan material terhadap deformasi plastis atau deformasi permanen misalnya ketahanan yang tinggi maka kekerasannya tinggi dan begitu pula sebaliknya. Untuk para insinyur perancang, kekerasan sering diartikan sebagai ukuran kemudahan dan kuantitas khusus yang menunjukkan sesuatu mengenai kekuatan dan perlakuan panas dari suatu logam.

Berdasarkan cara pemberian beban, maka pengujian kekerasan dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

1. Metode goresan

Yaitu dengan cara menggoreskan dua buah material dimana material yang tergores merupakan material yang lunak. Harga kekerasan dapat

diukur dengan skala *mohs* atau dengan mengukur lebar atau kedalaman goresannya.

2. Metode dinamik

Yaitu dengan cara menjatuhkan bola baja pada permukaan material, tinggi pantulan bola baja menyatakan seberapa besar energi yang diserap oleh material.

3. Metode penekanan atau tusuk

Yaitu dengan cara menusukan indenter pada permukaan material, besar atau dalam lubang hasil penusukan menyatakan kekerasan material. Uji keras yang termasuk dalam metode ini adalah *Brinell*, *Vickers*, *Knoop* dan *Rockwell*.

### 2.5.1 Metode Pengujian *Brinell*

Harga kekerasan ditentukan dengan perbandingan beban penekanan dengan luas penampang bekas indenter. Indenter dibuat dari baja atau karbida berbentuk bola yang mempunyai diameter 1 mm, 5 mm, 10 mm waktu pembebanan 15 menit. Perhitungan harga kekerasan menggunakan persamaan berikut :

$$\mathbf{BHN} = \frac{P}{(\pi D/2)(D-\sqrt{D^2-d^2})} + \frac{D}{\pi Dt} \quad (\text{Pers.2.2})$$

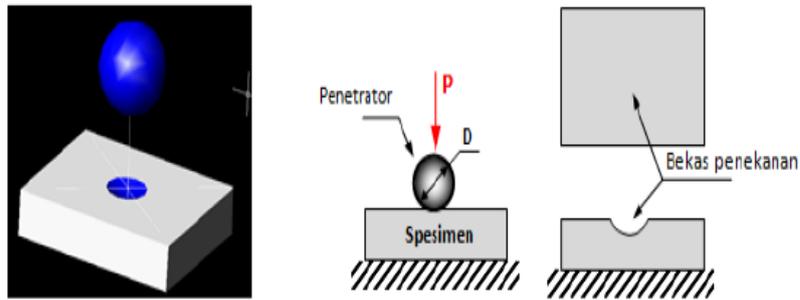
Dimana :

P = Beban penekanan (N, kgf)

D = Diameter penetrator (mm)

d = Diameter bekas penekanan (mm)

t = Kedalaman jejak penekanan



**Gambar 2.15** Metode pengujian kekerasan menurut *Brinell*

Skematik pengujian kekerasan *Brinell* diperlihatkan dalam **Gambar 2.15**. Dalam gambar nampak penetrator bola baja yang sedang menekan permukaan benda kerja. Pengujian metoda *Brinell* ini banyak digunakan untuk logam-logam yang mempunyai fasa banyak dan hasil coran seperti : besi cor, Aluminium cor, dan lain- lain. Jika benda kerja mengandung fasa keras dan fasa lunak maka dengan cara pengujian ini kedua fasa itu akan menerima beban penekanan. Harga kekerasan yang diperoleh mewakili harga kekerasan material yang diuji, tidak mewakili fasa- fasa tertentu.

### 2.5.2 Metode Pengujian *Vickers*

Metode pengujian kekerasan *Vickers* pada prinsipnya hampir sama dengan metoda *Brinell* hanya, terjadi perbedaan pada bentuk indentor. Pengujian *Vickers* banyak digunakan untuk material yang keras atau homogen karena indentornya mempunyai jenis material intan dan berbentuk piramid. Penggunaan metode ini ada yang berbentuk makro maupun mikro (yang paling banyak digunakan). Penetrator atau penekanan bersudut  $136^\circ$ . Dimana beban 1-30 kg (untuk beban skala makro) dan maksimum 1 kg untuk mikro yang dapat digunakan untuk mengukur kekerasan fasa.

$$\text{VHN} = \frac{2P \sin(\theta/2)}{d^2} + \frac{1.8544}{d^2} \quad (\text{Pers.2.3})$$

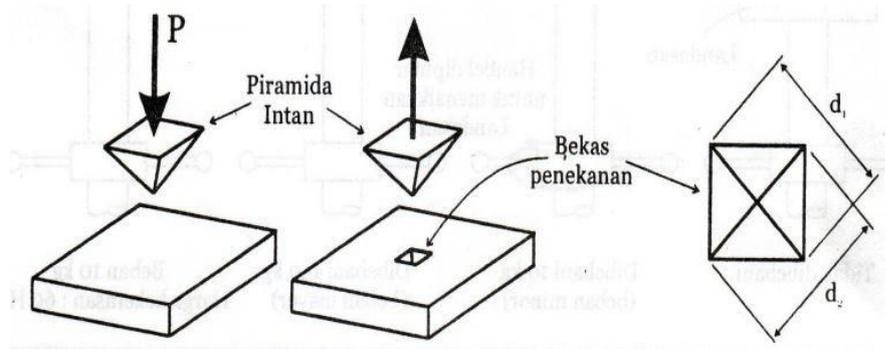
Dimana :

P = Beban penekanan

d = Diagonal rata-rata bekas penekanan

$\theta$  = Sudut antara permukaan intan yang berlawanan  $136^\circ$

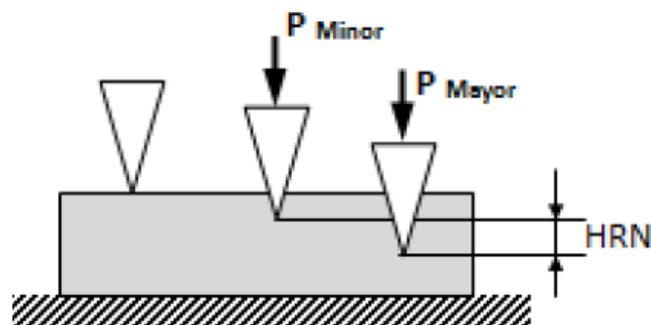
Pengujian *Vickers* hampir sama dengan pengujian kekerasan *Knoop* dimana pengujian ini menggunakan indenter berbentuk piramid tidak sama sisi. Pengujian ini banyak digunakan pengujian kekerasan fasa dan lapisan hasil pelapisan logam.



**Gambar 2.16** Metode pengujian kekerasan menurut *Vickers*

### 2.5.3 Metode Pengujian *Rockwell*

Metode pengujian *Rockwell* menggunakan kedalaman lekukan pada beban yang konstan sebagai ukuran kekerasan. Mula-mula diterapkan beban kecil (beban minor) sebesar 10 kg untuk menempatkan benda uji. Kemudian diterapkan beban yang besar (beban mayor), dan secara otomatis kedalaman lekukan akan terekam oleh *gage* penunjuk yang menyatakan angka kekerasan. Untuk indentornya biasanya digunakan penumbuk berupa kerucut intan  $120^\circ$  dengan puncak yang hampir bulat dan dinamakan penumbuk *Brale*, serta bola baja berdiameter 1/16 inci dan 1/8 inci. Beban besar yang digunakan adalah 60, 100 dan 150 kg, tergantung pada skala *Rockwell* dan penetrator yang dipakai.



**Gambar 2.17** Metoda pengukuran kekerasan menurut *Rockwell*

Pada uji keras *Rockwell* skala yang dipakai adalah skala : Skala A (HRA), Skala B (HRB), Skala C (HRC) .....Skala N (HRN) Dalam ilmu logam uji keras *Rockwell* banyak menggunakan skala A, B dan C.

- Skala A (HRA)

Beban Minor : 10 kg Beban Mayor : 60 kg

Penetrator : Kerucut Intan, sudut puncak 120°

Penggunaan : Logam-logam yang keras

- Skala B (HRB)

Beban Minor : 10 kg Beban Mayor : 100 kg

Penetrator : Bola Baja, diameter  $D = 1/16$

Penggunaan : Logam-logam yang lunak

- Skala C (HRC)

Beban Minor : 10 kg Beban Mayor : 150 kg

Penetrator : Kerucut Intan

Penggunaan : Logam-logam yang keras hasil perlakuan panas

## 2.6 Sifat Keausan (*Wear*)

Definisi paling umum dari keausan yang telah dikenal sekitar 50 tahun lebih yaitu hilangnya bahan dari suatu permukaan atau perpindahan bahan dari permukaannya ke bagian yang lain atau Bergeraknya bahan pada suatu permukaan (Almen J.O, 1950). Definisi lain tentang keausan yaitu sebagai hilangnya bagian dari permukaan yang saling berinteraksi yang terjadi sebagai hasil gerak relatif pada permukaan (M.B. Peterson dan W.O. Winer, 1980). Keausan yang terjadi pada suatu material disebabkan oleh adanya beberapa mekanisme yang berbeda dan terbentuk oleh beberapa parameter yang bervariasi meliputi bahan, lingkungan, kondisi operasi, dan geometri permukaan benda yang terjadi keausan.

### 2.6.1 Keausan Pada *Sprocket Gear*

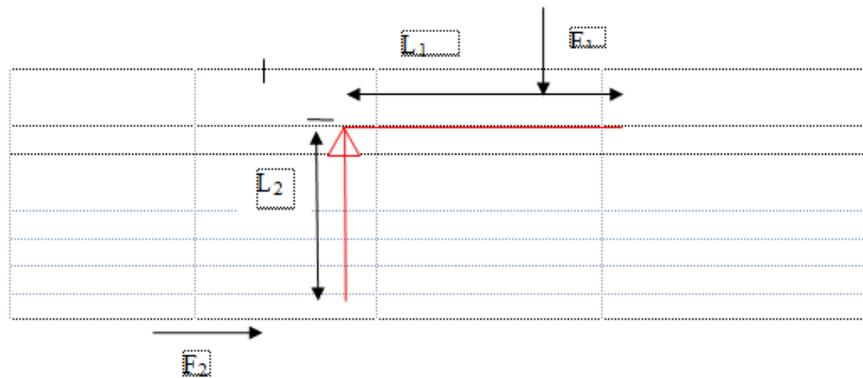
Ketahanan aus yang baik merupakan salah satu sifat yang harus dimiliki oleh *sprocket gear* depan sepeda motor mengingat penggunaannya yang sangat vital pada salah satu komponen sepeda motor, sebagai contoh *sprocket gear* depan sepeda motor yang diaplikasikan pada temperatur yang cukup tinggi akibat

banyaknya gesekan yang terjadi. Ketahanan aus *sprocket gear* depan sepeda motor tidak hanya bergantung pada sifat dasar dari material itu saja, tetapi juga bergantung pada beberapa faktor di bawah ini :

1. Temperatur operasi yang digunakan.
2. Kemampuan abrasi.
3. Bentuk kekasaran permukaan.
4. Adanya gesekan (*friction*).
5. Lingkungan sekitar (*environments*).
6. Beban yang digunakan (*load*).
7. Jarak luncur (*sliding distance*).
8. Sifat dari material itu sendiri.

Dalam pengujian aus ini ada beberapa rumus yang digunakan dalam proses pengujian aus, diantaranya adalah :

- a. Untuk menentukan berapa pembebanan yang akan diterima oleh spesimen dan piringan pengaus maka digunakan rumus sebagai berikut :



**Gambar 2.18** Skema pembebanan yang terjadi pada pengujian aus

$$\sum F = 0$$

$$F1.L1 = F2.L2 \quad \text{(Pers.2.4)}$$

- Dimana :
- $F_1$  : Beban yang diberikan (kg)
  - $L_1$  : Jarak beban dari tumpuan (mm)
  - $L_2$  : Jarak spesimen dari tumpuan (mm)

b. Jarak tempuh piringan pengaus

$$L_t = n \times t \times A \quad (\text{Pers.2.5})$$

Dimana :

n : Putaran (rpm)

t : Waktu (menit)

A : Luas penampang piringan pengaus (565,2 mm)

c. Nilai keausan pada spesimen

$$m_s = \frac{m_0 - m_1}{L_t} \quad (\text{Pers.2.6})$$

Dimana :

$m_0$  : Massa awal spesimen (gram)

$m_1$  : Massa akhir specimen (gram)

$L_t$  : Jarak tempuh (km)

### 2.6.2 Definisi dan Penggolongan Keausan Logam

Menurut (J.T Burwell, 1955) ada empat faktor penyebab utama mekanisme keausan, yaitu :

#### 1. Keausan Adesif

Keausan adesif adalah keausan yang terjadi pada dua permukaan logam yang saling kontak, sehingga terjadi pelekatan. Dengan adanya pergerakan relatif menyebabkan bagian yang lunak yang terletak dekat dengan daerah sambungan menjadi lepas. Sederhananya, keausan ini terjadi jika partikel permukaan yang lebih lunak menempel atau melekat pada lawan kontak yang lebih keras.

#### 2. Keausan Abrasif

Keausan yang didefinisikan sebagai penghilangan bagian material dari permukaan logam oleh aksi mekanik dari partikel abrasif yang kontak dengan permukaan. Hasil yang didapatkan berupa guratan celah atau gundukan. Keausan ini terjadi jika partikel keras atau permukaan keras

yang kasar menggerus dan memotong permukaan sehingga mengakibatkan hilangnya material yang ada di permukaan tersebut.

### 3. Keausan Korosif

Keausan ini terjadi pada logam yang bergesekan yang disebabkan adanya reaksi dengan lingkungan, dan dengan adanya kenaikan temperatur ini akan mempercepat terjadinya keausan pada jenis keausan ini.

### 4. Keausan Lelah Permukaan (*Fatigue*)

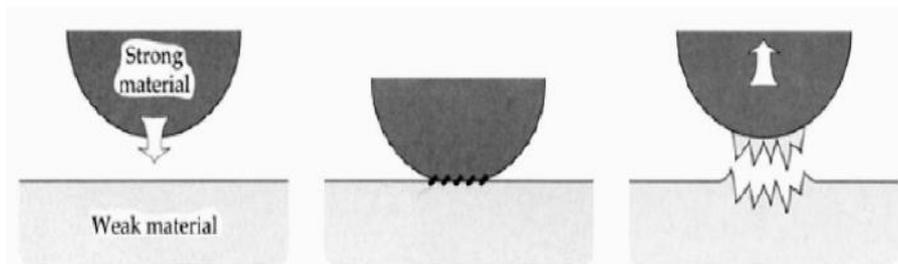
Bentuk keausan ini terjadi selama luncuran atau *rolling* yang berulang-ulang atas permukaan padat. Fenomena keausan ini didominasi akibat kondisi beban yang berulang-ulang (*cyclic loading*). Ciri-cirinya perambatan retak lelah biasanya tegak lurus pada permukaan tanpa deformasi plastis yang besar.

## 2.6.3 Mekanisme Keausan Adesif

Terjadinya gaya tarik menarik antara atom disebabkan oleh adanya dua permukaan padatan yang saling kontak, gaya tarik menarik tersebut menimbulkan pelekatan pada jarak kontak. Karena adanya pergerakan relatif, maka akan terjadi perpatahan pada daerah yang lemah. Selanjutnya pada bagian yang patah tersebut akan ada permukaan yang lebih luas. Dengan adanya gerakan lanjut menyebabkan bagian yang menempel pada permukaan yang lebih keras akan terpotong-potong oleh puncak-puncak kekerasan disekitarnya, sehingga menghasilkan serpihan yang disebut “debris” keausan. Serpihan ini dapat mempunyai kekerasan yang lebih besar dari induknya. Serpihan inilah yang menyebabkan terjadinya keausan adesif pada logam induknya.

Adesi ditunjukkan secara jelas pada sistem peluncuran di mana, sebagai contoh sebuah *shaft* (tangkai) dicengkram oleh *bearing*, adesi melibatkan *galling* dan pelecetan (*scuffing*) (beberapa peneliti mengklasifikasikan sebagai kerusakan permukaan daripada dengan keausan) tidak ada material yang hilang dari sistem. Dari contoh ini, dapat dilihat bahwa adesi bukanlah penyebab dari keausan, melainkan hanya akibat dari pergesekan. Keausan terjadi saat pergesekan antar permukaan dibuat untuk meluncur dan daerah yang teradesi secara lokal harus

dipisahkan. Pemisahan ini mungkin terjadi dengan satu atau dua tipe kerusakan dari benda padat, yang menghasilkan keausan dengan jarak yang sangat lebar.



**Gambar 2.19** Mekanisme keausan adesif  
(Zum Gahr, 1987)

#### 2.6.4 Mekanisme Keausan Abrasif

Adanya permukaan kasar yang bergerak di atas permukaan yang lunak pada keausan abrasif mengakibatkan adanya material yang dipindahkan dari permukaan logam, sehingga akan timbul celah. Karena sifat yang dibutuhkan untuk ketahanan aus suatu material akan tergantung pada tipe dari material ketahanan aus material lawannya, maka di bawah ini akan dijelaskan beberapa tipe dari ketahanan aus abrasif, yaitu :

1. Abrasif Pahat (*Gouging Abrasion*)

Keausan jenis ini terjadi akibat adanya material yang kasar merusak partikel permukaan yang lebih halus, adanya impak atau benturan dari material kasar terhadap material yang lebih lunak. Jenis abrasi pahat ini dapat berupa kepingan kecil (*minute chipping*), bubutan (*turning*), dan perubahan bentuk (*deformation*).

2. Abrasive Tekanan Tinggi (*High Stress Abrasion*)

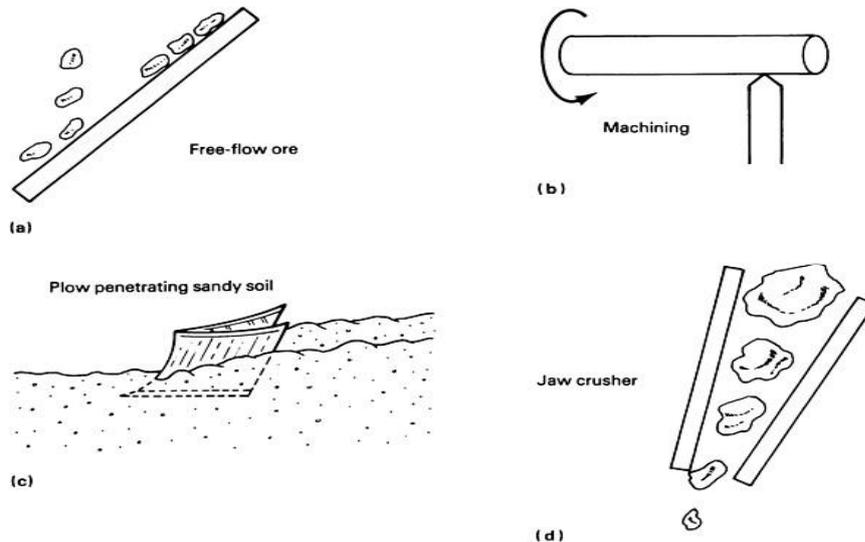
Keausan ini terjadi secara tiba-tiba saat dua permukaan sejenis yang bekerja sama untuk menghancurkan material padatan lainnya. Untuk mendapatkan sifat ketahanan aus jenis ini, dibutuhkan jenis logam yang memiliki ketangguhan yang baik.

3. Abrasive Tekanan Rendah (*Low Stress Abrasion*)

Keausan jenis ini terutama disebabkan oleh adanya material abrasif yang meluncur bebas pada permukaan material yang memiliki

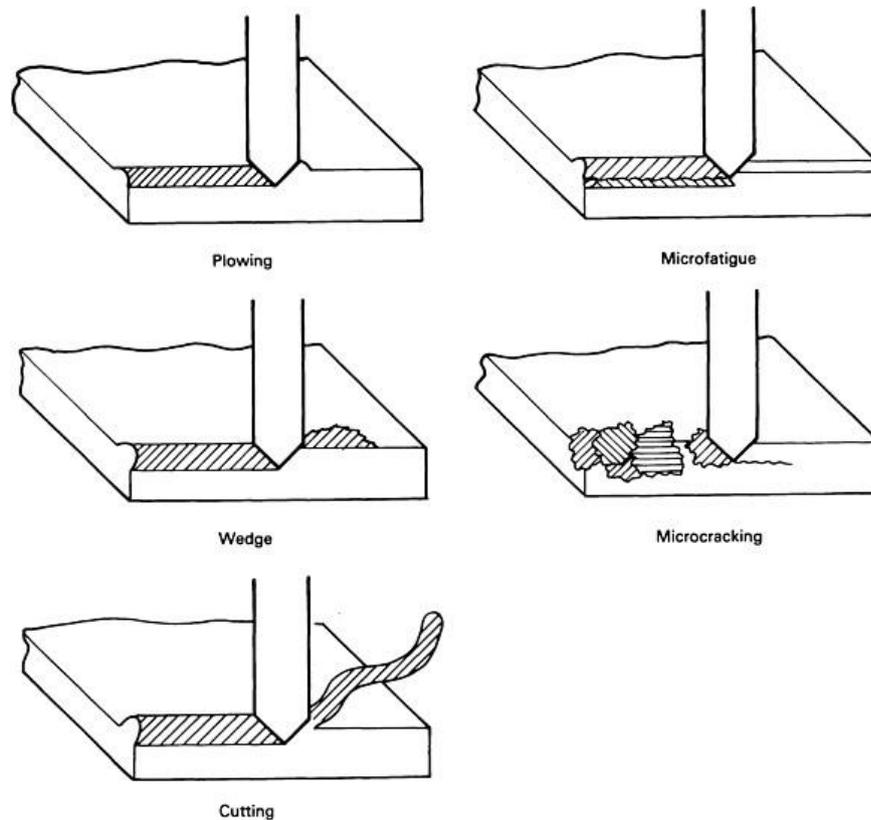
ketahanan terhadap abrasi yang rendah. Keausan ini juga terjadi karena adanya kondisi terkikis (erosi) yang dilakukan oleh material yang meluncur. Untuk mendapatkan sifat ketahanan aus yang baik, maka dibutuhkan material yang mempunyai ketangguhan rendah.

**Gambar 2.20** menjelaskan bagaimana mekanisme dari tipe-tipe keausan abrasif yang telah dijelaskan di atas.



**Gambar 2.20** Tipe gesekan selama terjadi keausan abrasif. (a) *Open two body*. (b) *Closed two- body*. (c) *Open three-body*. (d) *Closed three-body* (ASM Handbook, *Friction, Lubrication, and Wear Technology*, 1992)

Beberapa mekanisme telah dikemukakan untuk menjelaskan bagaimana material terlepas dari permukaannya selama abrasi. Mekanisme ini termasuk pematahan atau peretakan (*fracture*), lelah (*fatigue*), dan peleburan (*melting*). Karena kerumitan dari abrasi ini, tidak ada satu mekanisme pun yang telah selesai dihitung besar kehilangannya. **Gambar 2.20** akan menjelaskan beberapa proses yang mungkin terjadi saat ujung abrasi tunggal melintasi permukaan. Termasuk di dalamnya pembajakan (*plowing*), bentuk irisan (*wedge formation*), kelelahan mikro (*microfatigue*), pemotongan (*cutting*), dan keretakan mikro (*microcracking*)



**Gambar 2.21** Lima proses dari keausan abrasif

(ASM Handbook, *Friction, Lubrication, and Wear Technology*, 1992)

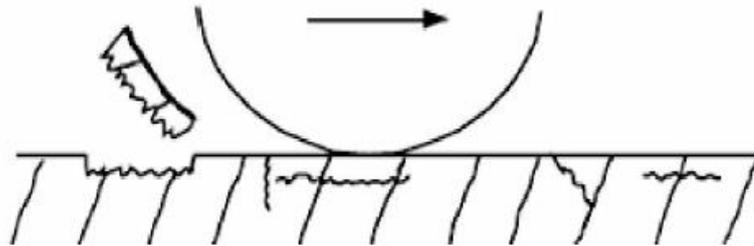
### 2.6.5 Mekanisme Keausan Korosif

Faktor tegangan dan deformasi menimbulkan terjadinya keausan abrasif dan adesif. Sedangkan adanya faktor lingkungan merupakan faktor lain yang mempengaruhi keausan korosif. Dengan demikian keausan korosif ditentukan oleh interaksi antara komponen dinamis, materi dan lingkungan. Interaksi ini dapat digambarkan sebagai berikut :

1. Tahap pertama, permukaan materi bereaksi dengan lingkungannya. Hasil reaksi terbentuk pada permukaan.
2. Tahap kedua, adanya aksi kerusakan pada permukaan mengakibatkan terbantuknya kembali oksida tipis hasil reaksi dengan lingkungannya. (Fink, 1973) mengemukakan pendapat bahwa deformasi plastis menaikkan laju pembentukan oksida pada permukaan logam.

### 2.6.6 Mekanisme Keausan Lelah Permukaan (*Fatigue*)

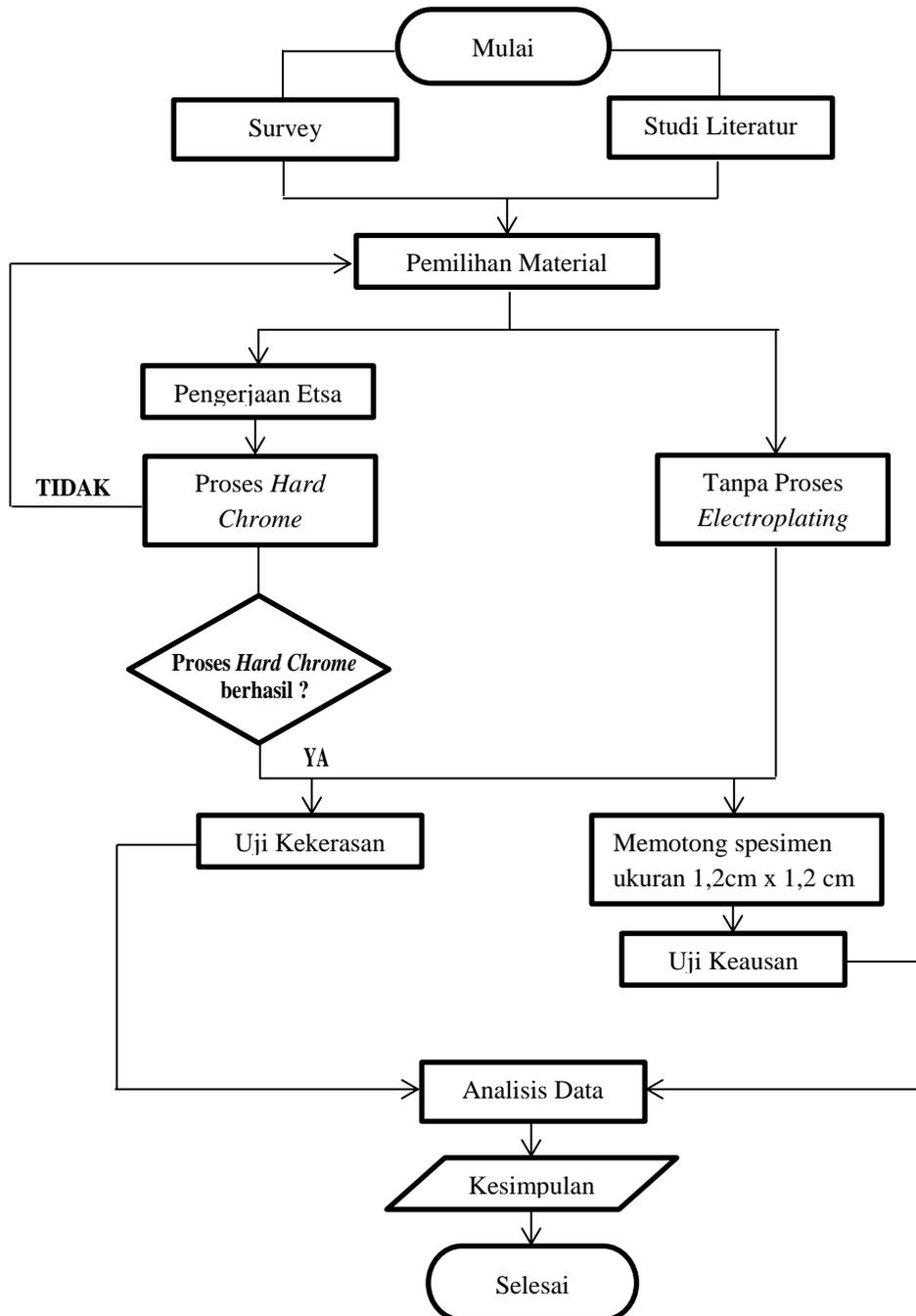
Bentuk keausan ini dihubungkan dengan gejala *fatigue* atau lelah pada bahan akibat adanya hubungan timbal balik antara tegangan dalam daerah kontak dan jumlah waktu untuk menghasilkan kerusakan. Adanya retak-retak pada permukaan atau sub-permukaan merupakan daerah konsentrasi tegangan dan memiliki kecenderungan untuk mengalami lelah atau *fatigue* saat mengalami pembebanan berulang-ulang, sehingga menyebabkan terjadinya perambatan retak. Fragmen keausan akan terjadi saat retak saling berhubungan satu sama lain. Menurut teori (Af Joffe, 1973) adanya jaringan retakan mikro pada permukaan padat yang dihasilkan selama pembentukan lapisan-lapisan permukaan akan mengurangi kekerasan, sehingga mempermudah terjadinya keausan. **Gambar 2.22** akan menjelaskan mekanisme dari terjadinya keausan lelah permukaan.



**Gambar 2.22** Keausan *fatigue* karena retak dibagian dalam dan merambat (Stachowiak, 2005)

**BAB III**  
**METODE PENELITIAN**

**3.1 Diagram Alir Penelitian**



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

### **3.2 Bahan dan Peralatan**

#### **3.2.1 Bahan**

Penelitian ini menggunakan bahan-bahan sebagai berikut :

1. Benda uji atau spesimen roda gigi tarik (*sprocket gear*) depan sepeda motor merek Motomeru dengan sampel :
  - A1, A2, A3 (tanpa proses *electroplating*).
  - B1, B2, B3 (untuk proses *hard chrome electroplating* 30 menit)
  - C1, C2, C3 (untuk proses *hard chrome electroplating* 45 menit)
  - D1, D2, D3 (untuk proses *hard chrome electroplating* 60 menit)
2. Larutan NaOH dan ZnO untuk proses pengerjaan etsa.
3. Timah hitam sebagai anoda dengan kadar kemurnian 99,92 %.
4. Larutan *Crhomic acid* (CrO3) dan Asam Sulfat (H2SO4) untuk proses *hard chrome electroplating*.
5. Kertas amplas berukuran grid 400, 600, 800, 1000, 1200, dan 1500 untuk menghaluskan permukaan, membersihkan benda uji dan mengikis permukaan yang tidak rata.
6. Air dan larutan Asam Klorida (HCl) untuk pencucian benda uji.

#### **3.2.2 Peralatan**

Penelitian ini menggunakan peralatan sebagai berikut :

1. Peralatan *Electroplating*.
2. Alat uji kekerasan *Micro vickers*.
3. Alat uji aus type YC90S-4 standard ISO 9001 CE sesuai dengan ASTM G65
4. Timbangan analitik digital merek Fujitsu.
5. Kamera digital.
6. Gergaji besi untuk memotong spesimen

### **3.3 Waktu dan Tempat Penelitian**

1. Waktu penelitian dilaksanakan pada 15 April 2019 sampai dengan 15 Juni 2019
2. *Hard Chrome Electroplating* dilakukan di Riau Chrome Jl. Handayani Marpoyan Damai, Pekanbaru

3. Penimbangan sampel uji aus dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Agroteknologi Universitas Pasir Pengaraian
4. Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru
5. Pengujian keausan dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru

### **3.4 Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian adalah suatu cara yang digunakan dalam kegiatan penelitian. Prosedur yang dilakukan yaitu dengan menggunakan metode eksperimen atau dengan cara melakukan percobaan langsung. Prosedur yang dilakukan dalam penelitian terdapat beberapa tahap, antara lain :

#### **3.4.1 Tahap Persiapan Bahan dan Benda Uji Penelitian**

Langkah-langkah persiapan benda uji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Persiapan benda uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah roda gigi tarik (*sprocket gear*) depan sepeda motor dengan jumlah keseluruhan 12 buah.

b. Pemolesan benda uji

1. Pemolesan kasar, dilakukan untuk meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan menggunakan gerinda.

2. Pemolesan sedang, dilakukan dengan cara pengamplasan memakai mesin amplas.

3. Pemolesan halus

Untuk pemolesan halus menggunakan bahan poles yang terbuat dari kain jeans, dibentuk sedemikian rupa sehingga menyerupai roda gerinda, permukaan roda tersebut diolesi pasta yang terbuat dari campuran lem dan serbuk besi. Untuk mencegah panas yang berlebihan digunakan pendingin oli dan air.

- c. Pengelompokan benda uji dan pemberian nomor urut sesuai perlakuan yang telah dirancang dalam penelitian.

### 3.4.2 Proses *Hard Chrome Electroplating*

Digunakan larutan  $\text{CrO}_3$  150 ml, dengan kuat arus 5 *Ampere*, jarak anoda katoda 20 cm dan temperatur pelapisan  $55^\circ\text{C}$ . Proses pelapisan dilakukan berdasarkan variasi waktu yang berbeda yaitu 30, 45, 60 menit. Penulis memilih variasi waktu pelapisan tersebut berdasarkan studi literatur dan survei lapangan yang dilakukan. Bahan-bahan yang perlu dipersiapkan dalam penelitian ini meliputi roda gigi tarik (*sprocket gear*) depan sepeda motor. Larutan HCl dan air untuk pembersihan benda uji, larutan NaOH dan larutan ZnO untuk proses pengerjaan etsa (*etching*). Sedangkan alat yang perlu dipersiapkan adalah peralatan *Electroplating* (*rectifier*, bak *plating* dan rak, anoda yang disusun sedemikian rupa sehingga membentuk sistem lapis listrik, larutan elektrolit).

1. Tahap Pengerjaan Awal (*pre treatment*)

Adapun langkah-langkah pengerjaannya sebagai berikut :

- a. Merendam benda uji kedalam larutan HCl 30 % selama 5 menit sampai noda-noda oksidasi atau karat hilang.
- b. Melakukan pembilasan benda uji dengan air untuk menghilangkan sisa larutan HCl.
- c. Mengeringkan benda uji sampai benar-benar kering.
- d. Melakukan proses pengerjaan etsa (*etching*) dengan merendamkan benda uji kedalam larutan NaOH : 500 g/L dan larutan ZnO : 100 g/L.
- e. Mengeringkan benda uji sampai benar-benar kering.

2. Tahap Proses Pelapisan *Hard Chrome Electroplating*

- a. Merendamkan benda uji kedalam larutan *Chromic Acid* ( $\text{CrO}_3$ ) pada temperatur  $55^\circ\text{C}$ .
- b. Melakukan pendinginan dengan cara mencelupkan benda uji kedalam air selama 5 menit.
- c. Mengeringkan benda uji sampai benar-benar bersih

- d. Melakukan *finishing* dengan cara memoles benda uji yang terdapat sisa-sisa proses pelapisan.
3. Tahap *electroplating* selesai, kemudian dilanjutkan dengan pengujian kekerasan dan pengujian keausan.

### 3.4.3 Pengujian Kekerasan

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian kekerasan dengan metode *micro vickers*. Adapun langkah-langkah dalam pengujian kekerasan *micro vickers* seperti dibawah ini :

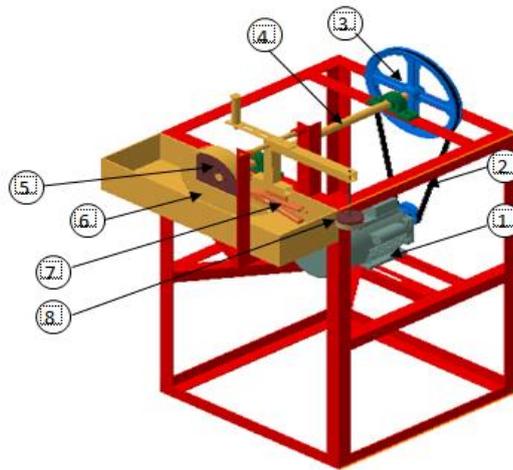
1. Pastikan benda uji sejajar parallel pada bagian atas dan bawah.
2. Benda uji dibersihkan dari pelumas, oksida, bahan asing.
3. *Setting* alat uji *micro vickers* pada pembebanan 0,250 kg.
4. Posisikan benda uji pada dudukan dan dekatkan pada lensa optik hingga fokus
5. Geser lensa optik dengan indenter lalu tekan tombol *START*, tunggu hingga selesai dengan *dwell time* 15 detik.
6. Geser kembali indenter dengan lensa dan posisikan garis hitam pertama pada titik ujung kiri benda uji.
7. Geserkan satu garis hitam lagi pada ujung titik sebelah kanan hasil penetrasi.
8. Lalu ukur berapa panjang (d1) dalam satuan micron ( $\mu$ ).
9. Putar 90° pengukuran garis dan lakukan hal yang sama seperti tahap 7 hingga 9.
10. Maka didapatkan nilai panjang (d2) dalam satuan micron ( $\mu$ ).



**Gambar 3.2** Alat uji kekerasan *micro vickers*

### 3.4.4 Pengujian Keausan

Pengujian aus pada penelitian ini menggunakan alat uji aus type YC90S-4 standard ISO 9001 CE sesuai dengan ASTM G65 yang ada di Laboratorium Material Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, dimana benda uji memperoleh beban gesek dari roda pengaus yang berputar. **Gambar 3.3** merupakan gambaran dari alat uji aus.



**Gambar 3.3** Alat uji aus

(Sumber : Laboratorium Material STT Pekanbaru)

Keterangan :

1. Motor listrik  
Berfungsi sebagai alat penggerak pada alat uji
2. *Belting*  
Berfungsi untuk meneruskan putaran motor dari *pully* pada motor menuju *pully* pada *shaft*.
3. *Pully*  
Berfungsi untuk merekdusikan putaran pada *pully*.
4. *Shaft*  
Berfungsi sntuk meneruskan putaran dari *pully* menuju piringan pengaus.
5. Piringan pengaus  
Berfungsi sebagai pengaus spesimen yang di uji.

6. *Recervoar*

Befungsi sebgai tempat penampung pelumas.

7. Tang penjepit *specimen*

Digunakan sebagai alat penjepit *spesimen* yang akan dilakukan proses pengujian aus.

8. Bandul

Befungsi sebagai pemberat, untuk menentukan berapa pembebanan yang akan diterima oleh *spesimen* dan piringan pengaus.

Alat uji aus sudah sesuai dengan *ASTM G65*.

Dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Putaran motor : 1450 rpm
2. Putaran piringan pengaus : 360 rpm
3. Diameter piringan pengaus : 180 mm
4. Material pengaus : Baja yang dikeraskan
5. Ukuran spesimen : 1,2 cm x 1,2 cm

Dalam proses pengujian aus ada beberapa langkah-langkah yang harus dilakukan agar pengujian dapat berjalan dengan baik, adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Memotong spesimen apabila spesimen berukuran besar, sehingga mempermudah untuk melakukan penjepitan.
2. Melakukan penimbangan spesimen sebelum diuji, hal tersebut bertujuan agar dapat mengetahui berat awal spesimen.
3. Jepit spesimen yang akan diuji pada tang penjepit.
4. Mengisi bahan pelumas oli SAE40 dan lakukan pemanasan pada bahan pelumas dengan menggunakan *heater*.
5. Ukur tempratur pelumas dengan *thermometer* hingga mencapai suhu 30°C.
6. Tentukan beban yang akan diterima oleh piringan pengaus dan spesimen.
7. Setelah semua selesai kemudian hidupkan motor dan pada saat bersamaan menghitung waktu pengujian hingga waktu yang ditetapkan.

8. Setelah selesai pengujian timbang kembali massa spesimen untuk mengetahui massa akhirnya.
9. Tambahkan bahan pelumas apabila bahan pelumas yang ada pada *reserfoar* berkurang, dengan bahan pelumas yang sudah dipanaskan pada teko *heater*.
10. Ulangi langkah-langkah pada poin 1,2,3,4,5,6,7,8,9. Untuk melakukan pengujian selanjutnya.

#### **3.4.5 Metode Pengumpulan Data**

Metode pengumpulan data adalah cara-cara yang dapat digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data. Keberhasilan pengumpulan data sangat dipengaruhi oleh metode pengumpulan data yang digunakan. Data yang terkumpul akan digunakan sebagai bahan analisis yang ditetapkan. Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode dokumentasi, metode observasi dan metode eksperimen langsung yaitu metode pengumpulan data penelitian yang dengan sengaja dan secara sistematis mengadakan perlakuan atau tindakan pengamatan terhadap suatu variabel.

#### **3.4.6 Teknik Analisis Data**

Setelah data terkumpul maka langkah selanjutnya adalah menganalisis data. Data dari hasil pengujian kemudian dimasukkan kedalam persamaan-persamaan yang ada sehingga diperoleh data yang bersifat kuantitatif yaitu data yang berupa angka-angka. Teknik analisis data dari pengaruh *hard chrome* secara *electroplating* terhadap sifat kekerasan, keausan pada roda gigi tarik (*sprocket gear*) depan sepeda motor berupa dalam bentuk gambar, grafik dan tabel.