

## BAB II

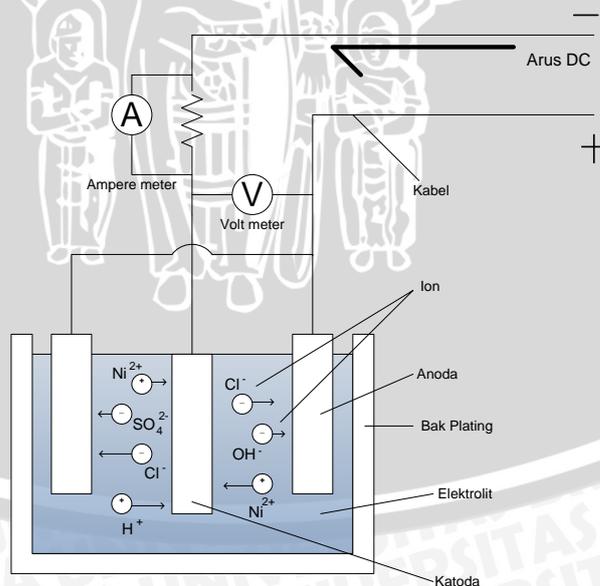
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

I Gede Indra Wiryawan, (2007) dalam penelitiannya mengenai proses elektroplating tembaga-krom pada baja ST37 dengan variasi waktu pelapisan. Dalam penelitian tersebut dapat diketahui bahwa waktu pelapisan berbanding lurus terhadap ketebalan lapisan.

#### 2.2 Elektroplating

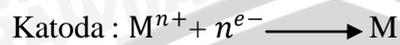
Elektroplating adalah suatu proses melapisi logam dengan menggunakan prinsip arus listrik dan bantuan senyawa kimia sehingga menghasilkan partikel pelapis yang melapisi material. Fungsi pelapisan ini antara lain untuk meningkatkan ketahanan korosi, kekerasan permukaan dan ketahanan aus. Pelapisan ini biasanya digunakan sebagai dekoratif sebuah material hasil *finishing*, namun tidak jarang pula material yang diinginkan memiliki sifat fisis dan mekanis material pelapisnya. Contoh hasil elektroplating: pelapisan aksesoris motor, pelapisan kaleng makanan dan pelapisan komponen pesawat terbang.



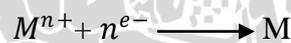
Gambar 2.1 Proses elektroplating

Konsep dasar dalam pelapisan logam ini dengan mengendapkan/deposisi ion logam yang dihendaki dengan cara elektrolisa. Biasanya elektrolisa dilakukan dalam

suatu bejana yang disebut sel elektrolisa yang berisi cairan elektrolit (*bath*). Pada cairan elektrolit ini terdapat dua elektroda, masing – masing elektroda dihubungkan dengan arus listrik yang terbagi dari kutub positif (+) dan negatif (-), yang dikenal sebagai anoda (+) dan katoda (-). Reaksi yang terjadi pada masing – masing elektroda adalah sebagai berikut :



Agar ion dapat terus mengalir dalam proses elektroplating maka digunakan arus listrik. Dalam hal ini dipilih arus listrik searah (*Direct Current*) agar arus stabil dan deposit ion logam yang terendapkan juga konstan. Arus listrik searah tersebut menyebabkan elektron bermigrasi melalui anoda ke katoda. Pada prosesnya, muatan listrik searah menyebabkan elektron pada anoda dilepas sehingga permukaan anoda terjadi reaksi oksidasi oleh anion, pada saat bersamaan elektron tersebut ditangkap kation yang terdapat pada elektrolit, sehingga pada permukaan katoda terjadi reaksi reduksi oleh kation. Elektron yang menuju kation nantinya kembali lagi ke sumber arus. Ion logam pada elektrolit juga mengalir akibat pergerakan elektron tersebut, sehingga menghasilkan lapisan logam (deposit). Secara elektrokimia proses reduksi dapat dinyatakan sebagai berikut :



Proses perubahan ion logam M bermuatan sebesar n positif menjadi atom logam netral M yang tidak bermuatan. Atom logam netral inilah yang berupa lapisan logam yang terbentuk di katoda dan disebut logam pelapis.

## 2.3 Elemen Sel Elektrolisa

Dalam proses elektroplating terdapat bagian-bagian pokok yang diuraikan sebagai berikut :

### 2.3.1 Elektrolit

Elektrolit adalah jenis larutan asam/basa logam yang berfungsi membentuk ion logam positif pada proses elektroplating. Ion positif logam tersebut nantinya terdeposit pada katoda. Komposisi elektrolit juga berbeda – beda tergantung sifat yang diinginkan dan jenis pelapisannya, namun selalu disesuaikan dengan penggunaan anoda – katodanya, karena pada dasarnya elektron hanya mengalirkan deposit ion logam yang

terlarut pada elektrolit. Sehingga, setiap larutan elektrolit yang dijadikan rendaman tempat proses elektroplating harus mengandung bahan-bahan terlarut yang berfungsi sebagai berikut :

- a. Menyediakan ion logam pada pelapisan
- b. Membentuk kompleks ion dengan logam pelapis
- c. Konduktor
- d. Dapat menstabilkan larutan dari hidrolisis
- e. Membantu pelarutan anoda

### 2.3.2 Arus

Sumber arus diperlukan dalam kerja elektroplating sebagai daya yang menggerakkan ion – ion di elektrolit. Sumber arus ini diperoleh dari baterai, akumulator dan DC *power supply*. Dalam penggunaan arus searah (DC) perlu diperhatikan besaran arus yang digunakan pada proses ini. Arus yang terlalu besar menyebabkan aktivasi elektron yang dilepas anoda terlalu cepat menyebabkan deposit lapisan logam pada katoda menebal namun kurang merata, sedangkan arus yang terlalu kecil menyebabkan sedikit lapisan logam yang terdeposit. Arus ini erat hubungannya dengan luas penampang benda yang akan dilapisi, biasa disebut rapat arus (*current density*).

### 2.3.3 Elektroda

Elektroda dalam sel elektrolisa dapat disebut sebagai anoda atau katoda. Anoda ini didefinisikan sebagai elektroda dimana elektron datang dan oksidasi terjadi, sedangkan katoda didefinisikan sebagai elektroda dimana elektron kembali memasuki sel elektrolisa dan reduksi terjadi. Pada penelitian elektroplating ini, digunakan elektroda nikel, khrom dan seng sebagai anoda dan katodanya adalah *grinding ball*.

## 2.4 Temperatur

Faktor lain yang berpengaruh pada hasil elektroplating adalah temperatur. Temperatur yang dimaksud disini adalah temperatur larutan elektrolit pada *bath* yang digunakan pada saat proses elektroplating. Temperatur ini menyebabkan variasi laju difusi ion – ion menuju katoda. Semakin meningkatnya temperatur maka akan meningkatkan laju difusi ion sehingga dapat mencegah pembentukan deposit dengan struktur yang kasar struktur deposit yang kasar akan berpengaruh pada sifat – sifat dari

lapisan hasil elektroplating terutama ketahanan terhadap gesekan dan kekerasan permukaan.

## 2.5 Reaksi Reduksi dan Oksidasi (Redoks)

Reaksi redoks adalah gabungan reaksi kimia yang terjadi pada sel elektrokimia. Reaksi oksidasi adalah suatu perubahan kimia dimana suatu zat melepas elektron. Pada sel elektrokimia oksidasi terjadi di anoda. Reaksi reduksi adalah suatu perubahan kimia dimana suatu zat menangkap elektron. Pada sel elektrokimia reduksi terjadi di katoda. Pada reaksi redoks, zat yang mengoksidasi disebut oksidator, sedangkan zat yang mereduksi zat lain disebut reduktor.

Suatu reaksi reduksi dapat menimbulkan potensial listrik tertentu, yang disebut potensial elektroda (E) dan semakin mudah suatu unsur mengalami reduksi maka semakin besar potensial elektrodanya. Harga potensial elektroda yang sebenarnya dalam suatu reaksi reduksi tidak dapat dihitung, sebab tidak ada reaksi reduksi yang berlangsung tanpa diikuti reaksi oksidasi. Oleh karena itu harga potensial elektroda yang dipakai adalah harga potensial standar. Itulah sebabnya harga potensial elektroda lebih tepat disebut potensial reduksi standar atau potensial elektroda standar ( $E_0$ ). Elektroda yang dipakai sebagai standar dalam menentukan harga potensial elektroda adalah elektroda hidrogen. Cara memperoleh harga potensial dengan mengalirkan gas hidrogen murni pada elektroda platina (Pt) yang bersentuhan dengan asam (ion  $H^+$ ). Sehingga terjadi keseimbangan :



Harga potensial elektroda dari reaksi ini ditetapkan 0 volt. Kemudian harga potensial elektroda standar dari semua reaksi reduksi adalah harga yang dibandingkan terhadap potensial elektroda standar hidrogen. Berdasarkan harga  $E_0$  maka dapat disusun suatu deret unsur mulai dari unsur dengan harga  $E_0$  terkecil sampai terbesar yang disebut deret volta yaitu :

K-Ba-Ca-Na-Mg-Al-Mn-Zn-Cr-Fe-Cd-Co-Ni-Sn-Pb-H-Cu-Hg-Ag-Pt-Au

Sifat – sifat dari deret volta ini adalah :

1. Logam yang terletak di sebelah kanan H memiliki harga  $E_0$  positif sedangkan di sebelah kiri H mempunyai harga  $E_0$  negatif.
2. Makin ke kanan letak suatu logam pada deret volta, maka harga  $E_0$  logam makin besar. Hal ini berarti bahwa logam – logam di sebelah kanan H

mudah mengalami reduksi atau sulit teroksidasi. Logam ini disebut logam pasif atau logam mulia.

3. Makin ke kiri, harga  $E_0$  dari logam semakin kecil yang berarti logam tersebut sulit tereduksi dan mudah teroksidasi. Logam ini disebut logam aktif.

## 2.6 Pembersihan Kotoran (*pickling*)

Sebelum dilakukan pelapisan logam ada baiknya permukaan logam dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran yang menempel. Kotoran dalam hal ini dapat berupa organik dan non organik. Contoh organik seperti bahan mineral dan minyak sedangkan kotoran non organik seperti debu, kerak dan karat dan sisa pengerjaan terdahulu. Pembersihan ini bertujuan membuka pori – pori permukaan logam yang dilapisi agar mudah menangkap logam pelapis. Sehingga pembersihan permukaan logam sangat mempengaruhi hasil kelekatan logam pelapis dengan logam yang dilapisi.

Proses pembersihan biasanya dengan menggunakan larutan kimia yang akan masuk melalui celah pada kotoran dan kemudian bereaksi. Kotoran tersebut akan terkikis dan larut pada larutan. Namun perlu dihindari pembersihan yang terlalu lama karena permukaan logam dapat berlubang. Setelah pembersihan sebaiknya dibilas dengan aquades dan dikeringkan.

## 2.7 Anoda

Anoda yang digunakan dalam proses elektroplating harus dapat mengalirkan arus listrik dari luar kedalam larutan elektrolit dan juga harus berfungsi sebagai pengisi kekurangan logam didalam larutan elektrolit karena mengendap pada permukaan katoda. Ada dua jenis anoda, pertama adalah anoda yang terbuat dari logam yang akan diendapkan, dikenal dengan nama anoda terlarut, dan yang kedua adalah anoda yang terbuat dari logam lain yang tidak larut, dikenal dengan nama anoda inert.

Ada keuntungan dan kerugian masing-masing bila menggunakan jenis anoda tersebut. Keuntungan bila kita menggunakan anoda terlarut antara lain adalah larutan dapat dikatakan memiliki kandungan logam yang konstan serta penambahan asam/basa logamnya tidak perlu dilakukan. Sedangkan kerugian menggunakan anoda tersebut adalah seringkali ada pengotor yang ikut terlarut dan ada juga bahan-bahan yang tidak larut yang akan mengotori rendaman, disamping itu perlu dilakukan kontrol apakah anoda tetap aktif membentuk lapisan.

Keuntungan menggunakan anoda inert adalah tidak perlu mengganti anoda karena tidak akan habis. Selain itu ada pula kerugian dari penggunaan anoda tersebut, yaitu logam di dalam larutan lama kelamaan akan habis mengendap, sehingga analisa larutan dan penambahan bahan kimia kedalam larutan harus dilakukan. Anoda yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

### 2.7.1 Seng (Zn)

Seng merupakan logam berwarna abu-abu perak. Logam ini mudah ditemukan dan mudah diproses. Penggunaannya dipadukan dengan aluminium atau tembaga untuk memperbaiki sifat keasliannya, contohnya untuk plafon dan peralatan elektronik. Beberapa properti materialnya sebagai berikut :

Nama Unsur	Seng
Lambang Unsur	Zn
Nomor Atom	30
Massa atom Standar	65.38
Titik Cair	419.6 °C
Berat Jenis	7.14 gr/cm <sup>3</sup>
Struktur Kristal 20 °C	Hexagonal Close Packed

Sumber : Ilmu dan Teknologi Bahan, Van Vlack

### 2.7.2 Khrom (Cr)

Khrom merupakan logam tahan korosi dan mudah menjadi mengkilat jika dipoles. Dengan sifat ini, Khrom banyak digunakan sebagai pelapis pada ornamen – ornamen bangunan dan komponen kendaraan, seperti knalpot pada sepeda motor. Untuk mendapatkan kualitas pelapisan Khrom yang lebih baik pada baja, biasanya dilakukan pelapisan dasar. Properti materialnya sebagai berikut :

Nama Unsur	Khrom
Lambang Unsur	Cr
Nomor Atom	24
Massa Atom Standar	52
Titik cair	1863 °C
Berat jenis	7.20 gr/cm <sup>3</sup>
Struktur kristal 20 °C	Body Centered Cubic

Sumber : Ilmu dan Teknologi Bahan, Van Vlack

### 2.7.3 Nikel (Ni)

Nikel adalah logam yang berwarna putih perak yang biasanya diperoleh bersama kombinasi dengan besi atau tembaga dalam pertambangan. Nikel mempunyai sifat tahan karat, jika dalam keadaan murni bersifat lembek namun sering kali dipadukan dengan besi maupun baja sehingga menghasilkan baja tahan karat (*stainless steel*). Properti materialnya sebagai berikut :

Nama Unsur	Nikel
Lambang Unsur	Ni
Nomor Atom	28
Massa Atom Standar	58.71
Titik cair	1455 °C
Berat jenis	8.90 gr/cm <sup>3</sup>
Struktur kristal 20 °C	Face centered Cubic

Sumber : Ilmu dan Teknologi Bahan, Van Vlack

### 2.8 Grinding Ball

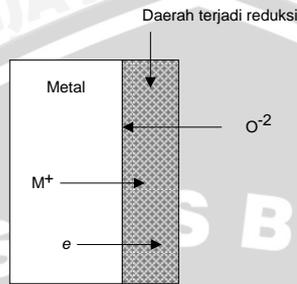
*Grinding ball* adalah sebuah media yang digunakan untuk menghancurkan material sesuai ukuran (*mesh*) yang diinginkan dalam kecepatan dan kapasitas tertentu. Karakteristik yang harus dimiliki *grinding ball* adalah kekerasan yang baik, daya tahan keausan dan tahan korosi. *Grinding ball* membutuhkan kekerasan permukaan yang lebih keras dibandingkan bagian dalam (tetap ulet) agar daya *impact* terserap dan tidak menyebabkan *grinding ball* pecah sebelum *life time* yang direncanakan karena mengalami gaya *impact* dan gaya gesek.

Bahan yang sesuai dan memenuhi persyaratan *grinding ball* adalah logam yang mengandung Fe, yaitu besi/baja. Besi/baja memiliki sifat yang bervariasi, mulai dari sifat yang paling lunak hingga paling keras serta memiliki sifat mampu bentuk yang baik dalam proses pengecoran sehingga berbagai macam bentuk coran dapat dibuat dengan pengecoran. (Tata Surdia & Saito, 2000)

### 2.9 Difusi

Pada elektroplating proses yang dominan terjadi adalah difusi logam. Difusi adalah proses pergerakan atom logam dari konsentrasi tinggi ke rendah akibat pengaruh suhu maupun arus listrik. Bila suhu naik atom-atom akan bergetar dengan energi yang lebih besar dan sejumlah kecil atom berpindah. Energi yang diperlukan sebuah atom untuk berpindah tempat disebut energi aktivasi eV/atom dapat juga dinyatakan kalor/mol.

Ion logam di permukaan bereaksi membentuk lapisan oksida. Ion tersebut berdifusi menuju bidang batas antara permukaan logam dan elektrolit akibat arus listrik. Pada saat bersamaan elektron mengalir dan ion logam melakukan pertukaran akibat perbedaan konsentrasi, sehingga membentuk lapisan yang mampu melekat pada logam katoda. Masing – masing anoda memiliki nilai berbeda untuk besaran arus listrik yang digunakan dan temperatur pengerjaan optimal.



Gambar 2.2 Ilustrasi difusi logam pada elektroplating

Sumber : Mengenal Sifat – sifat material, Sudaryatno & Ning Utari

## 2.10 Ketebalan

Dalam Hukum elektrolisis, Michael Faraday menemukan :

1. Jumlah bahan yang terdekomposisi saat elektrolisa berbanding lurus dengan kuat arus dan waktu dalam larutan elektrolit.
2. Jumlah perubahan kimia oleh satuan arus listrik sebanding dengan banyaknya arus yang mengalir.

Pernyataan tersebut dirumuskan :

$$W = \frac{e.I.t}{96500} \text{ (gr)} \quad (2.1)$$

Dengan :

W : massa endapan pelapis (gr)

I : Arus (ampere)

t : Waktu (detik)

e : berat equivalen kimia (massa atom dibagi dengan valensinya)

Dari rumus tersebut, volume endapan diperoleh dengan perhitungan :

$$\text{volume (cm}^3\text{)} = \frac{\text{massa endapan (gr)}}{\text{densitas (}\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}\text{)}} = \frac{W}{\rho} \text{ (cm}^3\text{)} \quad (2.2)$$

Dengan :

$\rho$  : kerapatan logam pelapis (gr/cm<sup>3</sup>)

W : massa endapan (gr)

Sehingga untuk mendapatkan nilai ketebalan :

$$\text{ketebalan (cm)} = \frac{\text{volume (cm}^3\text{)}}{\text{luas permukaan (cm}^2\text{)}} \quad (2-3)$$

Dari hukum Faraday dapat menjelaskan pengaruh penambahan waktu pada proses elektroplating. Semakin lama waktu yang digunakan, maka lapisan logam yang dihasilkan juga semakin besar. Ketebalan lapisan logam juga dipengaruhi oleh berat equivalen kimia sebuah unsur kimia yang digunakan sebagai anoda. Dalam persamaan (2-2) juga dapat diketahui bahwa semakin besar jumlah deposit lapisan logam (jumlah berat edapan) maka semakin besar pula ketebalan dari lapisan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu yang digunakan pada proses pelapisan dan variasi anoda mempengaruhi jumlah deposit lapisan dan juga ketebalan lapisan yang terbentuk.

Pada kondisi sebenarnya berat yang terbentuk akan lebih rendah daripada berat secara teoritis (berat menurut hukum faraday). Hal ini disebabkan karena arus listrik yang digunakan pada elektroplating ini tidak semuanya digunakan untuk pengendapan (deposisi) ion logam, namun juga terjadi reaksi – reaksi sampingan yaitu : pelepasan hidrogen, pelepasan kalor pada larutan elektrolit.

### 2.10.1 Alat pengukuran ketebalan lapisan

Dalam pengujian ketebalan lapisan pada benda kerja, alat yang digunakan adalah *permascop MP0D*. Alat ini mampu menguji ketebalan material dalam ukuran mikron. Prinsip pengujian ketebalan lapisan alat ini berdasarkan metode induksi elektromagnetik yang menggunakan batang ferromagnetik yang lunak dengan gulungan kawat (kumparan) untuk menghasilkan medan magnet bolak-balik. Gulungan kawat kedua mendeteksi perubahan yang terjadi pada aliran magnetik. Dengan mengukur kerapatan aliran magnetik maka ketebalan lapisan dapat ditentukan.

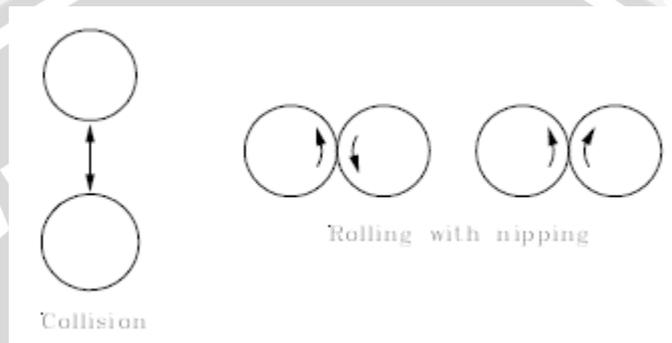


Gambar 2.3 *Permascope MP0D*

Sumber : kett.co.jp

## 2.11 Keausan

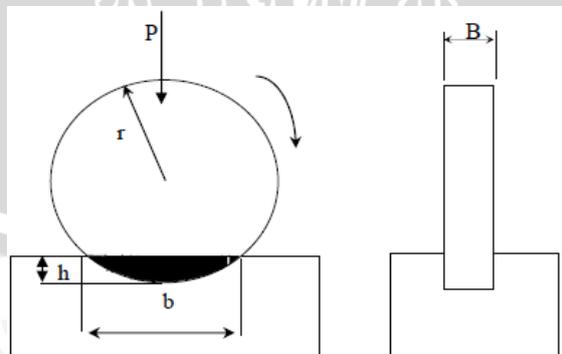
Keausan biasanya terjadi akibat material/komponen yang bekerja dengan pergerakan juga gesekan. Wujud dari keausan adalah berkurangnya dimensi material secara berkala dari suatu permukaan komponen. Faktor – faktor yang mempengaruhi keausan adalah kecepatan, kekasaran permukaan dan ketahanan *impact*. Sehingga laju keausan ini merupakan faktor yang mempengaruhi *life time* atau ketahanan sebuah material/komponen. Pada *grinding ball* gerakan yang dilakukannya pada proses *grinding* dapat diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar 2.4 tipe aksi *grinding media*

Sumber : Technical Notes Grinding, R.P.King

Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah dengan metode pin on disk dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar. Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Berikut ilustrasi pengujian laju keausan material :



Gambar 2.5 Ilustrasi kontak permukaan antara revolving disc dan benda uji

Dari gambar dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 r} \quad (2 - 4)$$

Dengan :

W : Volume material yang terabrasi (mm<sup>3</sup>)

B : Tebal revolving disc (mm)

b : Lebar celah material yang terabrasi (mm)

r : Jari-jari revolving disc (mm)

Sehingga nilai volume material yang terabrasi dapat dihitung, setelah itu nilai W digunakan untuk menghitung berat (gram) material yang terabrasi dengan menggunakan berat jenis spesimen :

$$\gamma = \frac{B}{W} \quad (2 - 5)$$

Dengan :

B : Berat material yang terabrasi (gram)

W : Volume material yang terabrasi (cm<sup>3</sup>)

$\gamma$  : Berat jenis spesimen (gram/cm<sup>3</sup>)

Kemudian, berat material yang telah terabrasi (B) dapat dihitung, maka laju keausan dapat pula dihitung dengan rumusan :

$$V = \frac{B}{t} \quad (2 - 6)$$

Dengan :

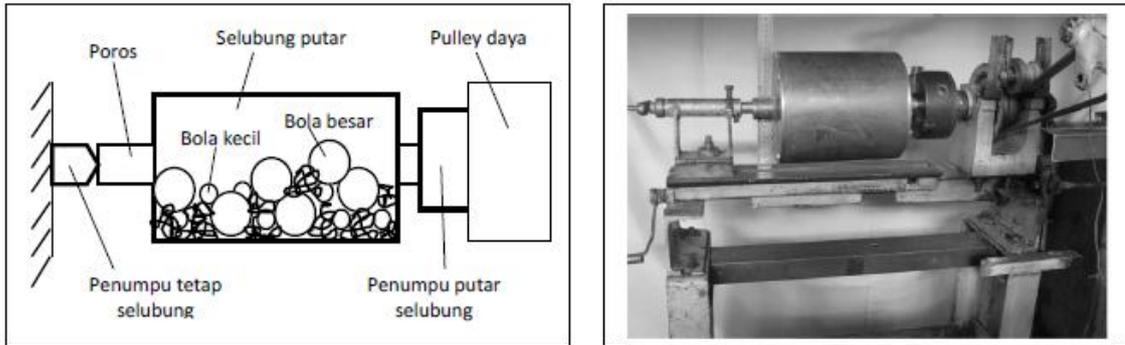
B : Berat material yang terabrasi (gram)

t : Waktu pengujian (detik)

V : Laju keausan (gram/detik)

Pada penelitian ini pengujian laju keausan dilakukan dengan cara memasukkan grinding ball yang telah di elektroplating ke dalam instalasi *ball mill*. *Grinding ball* tersebut digunakan menghaluskan pasir kuarsa selama waktu yang ditentukan. Dari

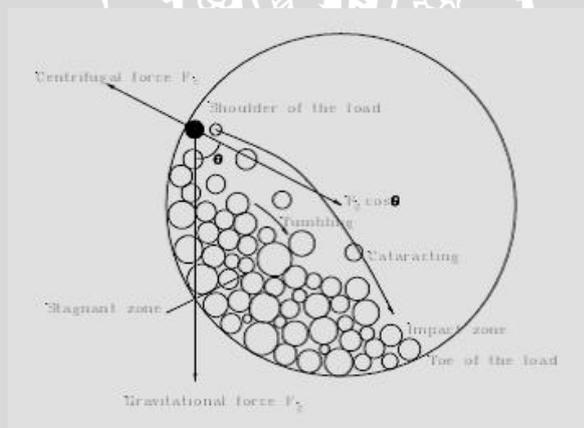
hasil proses, dapat dilihat dari ukuran pasir kuarsa dan lapisan yang terkelupas/aus akibat gaya *impact* dan gaya gesek.



Gambar 2.6 Mesin *ball mill*

Sumber : Prosiding – Seminar Nasional, Wahyono Suprpto, 2013

Untuk dapat menghaluskan secara maksimal pada *ball mill* perlu dihitung putaran kritis yang digunakan, sesuai dimensi *grinding ball* dan spesifikasi alat pengujian *ball mill*. Putaran kritis ini mengakibatkan gaya *impact* terjadi selama pengujian.



Gambar 2.7 Ilustrasi proses *Ball Mill*

Sumber : Technical Notes Grinding, R.P.King

Dari gambar tersebut gaya - gaya yang bekerja dalam instalasi *ball mill* menjadi unsur perhitungan sebagai berikut :

Gaya sentrifugal

$$F_c = m_p \omega^2 \frac{D_m}{2} \quad (2 - 7)$$

Dimana :

$m_p$  = massa partikel (kg)

$\omega$  = kecepatan sudut (rad/s)

$D_m$  = diameter *ball mill* (m)

Gaya grafitasi

$$F_g = m_p g \quad (2 - 8)$$

*Grinding ball* tetap pada lintasan *ball mill* jika kedua gaya dalam kondisi setimbang

$$F_c = F_g \cos \theta \quad (2 - 9)$$

Sesaat dimana *grinding ball* akan jatuh merupakan

$$\cos \theta = \frac{F_c}{F_g} \quad (2 - 10)$$

Kecepatan kritis *ball mill* didefinisikan dengan kecepatan *grinding ball* sesaat akan terjatuh akibat putaran. Dengan  $\theta = 0$  sehingga

$$\begin{aligned} F_c &= F_g \\ m_p \frac{\omega^2 D_m}{2} &= m_p g \\ \omega^2 &= \left[ \frac{2g}{D_m} \right]^{1/2} \end{aligned} \quad (2 - 11)$$

Kecepatan kritis

$$\begin{aligned} N_c &= \frac{\omega^2}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{2g}{D_m} \right]^{1/2} \\ &= \frac{1}{2 \times 3,14} \left[ \frac{2 \times 9,81}{D_m} \right]^{1/2} \\ &= \frac{0,705}{D_m^{1/2}} \text{ rev/sec} \\ &= \frac{42,3}{D_m^{1/2}} \text{ rev/min} \end{aligned} \quad (2 - 12)$$

Gaya *impact grinding ball* terjadi akibat putaran kritis dan massa dengan demikian,

Gaya *impact*

$$F_i = m_{gb} \left[ \frac{2g}{D_m} \right]^{1/2} \quad (2 - 13)$$

Gaya *impact* inilah yang menyebabkan *grinding ball* mengalami keausan pada permukaannya. Selain itu terjadi pula gaya gesek antara *grinding ball* dengan lintasan ball mill,

$$f_s = \mu \times N \quad (2 - 14)$$

Dengan

$\mu$  = koefisien gesek

N = gaya normal

Akibat gaya gesek ini *grinding ball* mengalami jenis keausan abrasif.

## 2.12 Hipotesa

Semakin lama waktu pelapisan elektroplating maka semakin tebal lapisan yang terbentuk pada *grinding ball*. Ketebalan lapisan yang diperoleh masing-masing spesimen pada setiap proses elektroplating berbeda tergantung anoda yang digunakan sebagai pelapisnya. Hal ini disebabkan oleh pembentukan lapisan bergantung pada potensial elektroda, semakin potensial elektroda negatif (mudah terkorosi) maka lapisan yang terbentuk tebal. Semakin tebal lapisan yang terbentuk maka semakin kecil laju keausannya.

