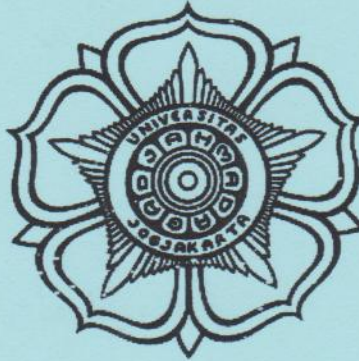


**PENGARUH *SHOT PEENING* DAN *ELECTROPLATING* Ni-Cr  
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN, KEKERASAN DAN  
LAJU KOROSI DALAM MEDIA CAIRAN PBS PADA  
*STAINLESS STEEL 304***

**Usulan Penelitian untuk Tesis S2**

**Program Studi Teknik Mesin  
Bidang Ilmu Teknik**



**Diajukan oleh:**

**Sunardi**

**11/322668/PTK/07529**

**kepada**

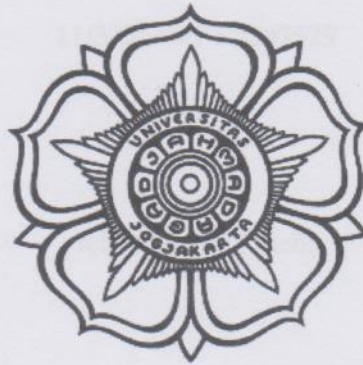
**PROGRAM STUDI S2 TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS GADJAH MADA  
YOGYAKARTA**

**2013**

**PENGARUH *SHOT PEENING* DAN *ELECTROPLATING* Ni-Cr  
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN, KEKERASAN DAN  
LAJU KOROSI DALAM MEDIA CAIRAN PBS PADA  
*STAINLESS STEEL* 304**

**Usulan Penelitian untuk Tesis S2**

**Program Studi Teknik Mesin  
Bidang Ilmu Teknik**



**Diajukan oleh:**

**Sunardi**

**11/322668/PTK/07529**

**kepada**

**PROGRAM STUDI S2 TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS GADJAH MADA  
YOGYAKARTA**

**2013**

**Usulan Penelitian**

PENDAHULUAN

**PENGARUH SHOT PEENING DAN ELECTROPLATING Ni-Cr  
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN, KEKERASAN DAN  
LAJU KOROSI DALAM MEDIA CAIRAN PBS PADA  
STAINLESS STEEL 304**

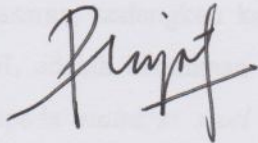
yang diajukan oleh

**Sunardi**

**11/322668/PTK/07529**

telah disetujui oleh:

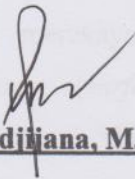
**Pembimbing Utama**



**Dr. Eng. Priyo Tri Iswanto, S.T., M.Eng.**

tanggal **3-10-2013**

**Pembimbing Pendamping**



**Ir. Mudijiana, M.Eng.**

tanggal **3-10-2013**



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Material *stainless steel* banyak digunakan pada sektor industri dan dunia medis karena karakteristiknya yang menguntungkan seperti berpenampilan menarik (*attractive*), tahan korosi (*corrosion resistance*), berkekuatan tinggi (*high strength*) dan rendah perawatan (*low maintenance*).

Dalam dunia medis dikenal adanya implantasi dalam ilmu bedah tulang atau disebut ortopedi, dimana menggunakan *stainless steel* sebagai alat bantu penyambung tulang patah untuk menggantikan fungsi bagian tubuh tertentu. Bagi tubuh manusia alat bantu penyambung tulang merupakan benda asing yang harus menyesuaikan diri dengan lingkungannya berupa cairan darah yang mengandung klorida (Sulistiyawan, dkk, 2003). Salah satu logam yang banyak digunakan dalam aplikasi di dunia bedah ortopedi adalah *stainless steel* 316L (Peckner, dkk, 1977).

Pemilihan material dalam penelitian ini dipilih *stainless steel* 304 tujuannya dalam hal ini untuk mengimbangi laju korosi pada *stainless steel* 316L. Kelebihan dari material *stainless steel* 304 banyak dan mudah diperoleh dipasaran, sedangkan kelemahan *stainless steel* 304 jika dibandingkan dengan 316L adalah ketahanan korosi dan kekerasan *stainless steel* 304 lebih rendah daripada *stainless steel* 316L, Sehingga hal tersebut menjadi kendala aplikasi *stainless steel* 304 terutama untuk keperluan medis yaitu sebagai bahan plat penyambung tulang dengan ketahanan korosi yang tinggi dan mampu menahan beban dinamis.

Salah satu cara untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik material adalah merekayasa sifat pada baja dan paduannya dengan proses perlakuan permukaan (*surface treatment*) yang secara umum dimaksudkan untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu dari permukaan suatu material seperti meningkatkan ketahanan korosi, kekerasan, kekuatan, ketangguhan, hingga memperindah permukaan material.

*Shot peening* merupakan proses penembakan butiran material berupa bola baja dengan tekanan tinggi pada permukaan material logam secara berulang dan *progressive* sehingga menghasilkan pengerasan dan tegangan sisa tekan pada permukaan material yang akan meningkatkan sifat mekanik material tersebut. Akibat proses *shot peening* pada permukaan spesimen akan menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang lebih tinggi dan mengalami deformasi yang akan menimbulkan *stress cell*. *Strees cell* terjadi karena ada bagian yang mengalami tegangan yang berbeda dengan bagian yang lainnya. Bagian yang mengalami tegangan yang lebih besar akan menjadi anode dan akan terkorosi lebih hebat sehingga menurunkan ketahanan korosi (Kade dan Suarsana 2007), sehingga perlu ditambahkan perlakuan permukaan dengan *electroplating* untuk menurunkan kekasaran dan laju korosinya.

Proses *electroplating* merupakan salah satu cara pelapisan permukaan substrat yang berlangsung dalam larutan elektrolit. Substrat berfungsi sebagai katoda, sedangkan anoda merupakan sumber yang nantinya berfungsi sebagai bahan pelapis terhadap substrat. Arus listrik DC dialirkan ke anoda dan katoda. Adanya pelapisan akan dapat menahan laju mobilitas dislokasi di permukaan bahan, sehingga akan memperkuat ketahanan korosi.

Dalam proses *electroplating stainless steel 304*, pengaruh waktu dan kuat arus *electroplating* telah diteliti sebelumnya. Hasil penelitian tersebut menunjukkan laju korosi terendah, kekerasan dan tebal lapisan tertinggi dicapai pada waktu pelapisan Ni = 15 menit dengan arus 0,1 A, pelapisan Cr = 17 menit dengan arus 0,3 A dan spesimen yang digunakan berbentuk lingkaran dengan diameter 14 mm dan tebal 4 mm.

Berdasarkan dari uraian di atas serta penelitian yang relevan yang pernah dilakukan, maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh gabungan perlakuan permukaan *shot peening* dengan variasi waktu 5, 10, 15, 20, 25, 30 menit dan *electroplating Ni-Cr* terhadap kekasaran permukaan, kekerasan dan laju korosi dalam media cairan PBS pada *stainless steel 304*.



## 1.2 Rumusan Masalah

Pemmasalahan:

1. Menentukan waktu optimum proses *shot peening* pada *stainless steel* 304
2. Menentukan pengaruh waktu proses *shot peening* dan dilanjutkan proses *electroplating* Ni-Cr terhadap kekasaran permukaan, kekerasan dan laju korosi dalam media PBS pada permukaan *stainless steel* 304.

## 1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini hanya dibatasi pada:

1. Material *stainless steel* AISI 304.
2. Proses *shot peening*
  - a. Bola baja untuk *shot peening* dengan diameter 0.6 mm.
  - b. Diameter *nozzle* 5 mm.
  - c. Diameter pipa selang hisap 9 mm.
  - d. Jarak *shot* antara *nozzle* dengan permukaan benda uji 10 cm.
  - e. Tekanan *nozzle* proses *shot peening* 6 sampai 7 kg/cm<sup>2</sup>.
  - f. Variasi waktu *shot peening* 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 menit.
3. Spesimen dilapisi dengan dua lapisan yaitu : nikel dan krom, menggunakan proses *electroplating*
  - a. Waktu *electroplating* nikel konstan 15 menit dengan arus konstan = 0,1 A dan tegangan = 3 V.
  - b. *Electroplating* krom dengan arus konstan = 0,3 A dan tegangan = 3,3 V dan waktu *electroplating* krom konstan 17 menit.
4. Semua proses *electroplating* dilakukan dengan konsentrasi larutan tetap.
5. Tidak menghitung tegangan sisa dan rambatan retak
6. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji kekasaran, uji struktur mikro, uji kekerasan, uji laju korosi dan uji ketebalan lapisan.
7. Pengujian laju korosi menggunakan media cairan PBS

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh gabungan *shot peening* dan *electroplating* Ni-Cr terhadap laju korosi, kekasaran permukaan, dan kekerasan pada material *stainless steel* 304.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Memperkenalkan proses gabungan *shot peening* dengan variasi waktu dan dilanjutkan *electroplating* Ni-Cr pada *stainless steel* 304.
2. Mendapatkan waktu yang ideal untuk digunakan pada proses *shot peening* yang dilanjutkan dengan proses *electroplating* Ni-Cr, agar diketahui hasil kekerasan, kekasaran permukaan dan laju korosi pada *stainless steel* 304 yang optimal.
3. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi untuk keperluan dunia medis terutama sebagai bahan pembuatan plat penyambung tulang menggunakan *stainless steel* 304.

#### 1.6 Keaslian Penelitian

Dari studi pustaka dapat diketahui bahwa penelitian tentang “Pengaruh waktu *shot peening* dan *electroplating* Ni-Cr terhadap kekasaran permukaan, kekerasan dan laju korosi dalam media cairan PBS pada *stainless steel* 304” belum pernah dilakukan, sehingga penelitian ini bukan duplikasi tetapi pengembangan dari penelitian sebelumnya.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

Pengaruh perlakuan penggabungan *shot peening* dan *Plasma Electrolytic Oxidation* (PEO) pada permukaan Aluminium paduan 2024 menghasilkan peningkatan kekerasan, ketahanan lelah dan ketahanan terhadap korosi di dalam larutan NaCl (Asquith, dkk, 2007).

Carvalho dan Voorwald (2006) melakukan penelitian tentang pengaruh *shot peening* dan *hard chromium electroplating* pada Aluminium paduan 7050-T7451, hasil penelitiannya pada proses *shot peening* menggunakan diameter bola 0,4 mm dengan material *shot* kramik menghasilkan tegangan sisa yang menaikkan kekuatan lelahnya 25% dan material *shot* gelas 50% sedangkan *hard chromium electroplating* mengendalikan *micro cracked*, menaikkan kekerasan, ketahanan terhadap korosi dan menurunkan keausan dari gesekan.

Pengaruh *microshot peening* dengan material *shot cemented carbide* dan *amorphous alloy* diameter 0,03 – 0,15 mm terhadap karakteristik lapisan permukaan baja pegas pada suhu kerja optimal 300°C, proses *peening* menggunakan *microshot amorphous alloy* lebih efisien dalam meningkatkan *residual stress*, karakteristik kelelahan, kekerasan dan kekasaran permukaan lebih rendah (Harada, dkk, 2007).

Pelapisan titanium menggunakan teknik *Ion Beam Enhanced Deposition* (IBED) dan *shot peening* pada AL7075-T6, dimana perlakuan *shot peening* menaikkan umur *fretting fatigue* 350%, pelapisan titanium menaikkan umur *fretting fatigue* 100% dan penggabungan perlakuan *shot peening* ditambah pelapisan titanium menghasilkan kenaikan umur *fretting fatigue* 130% dan paling tinggi ketahanan ausnya (Majzoobi, dkk, 2009).

Lee, dkk, (2009) membandingkan pengaruh *shot peening* dengan *ultrasonic-peening* terhadap ketahanan korosi pada *stainless steel 304* dalam penelitiannya menunjukkan bahwa *ultrasonic-peening* menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih rendah dan energi regangan plastis lebih besar yang



diinduksi menjadi martensit pada lapisan permukaan sehingga menghasilkan ketahanan korosi yang lebih tinggi dibandingkan *shot peening*.

Cho, dkk, (2012) melakukan penelitian pengerasan permukaan aluminium paduan 2024 dengan metode *shot peening* material *shot* menggunakan Zn based ball diameter 400  $\mu\text{m}$ , kekerasan bola rata-rata 65 HRC, tekanan udara 0,3 MPa, jarak nozzle ke permukaan spesimen 10 cm dan waktu penembakan optimum 180 detik berhasil meningkatkan kekerasan dari 65 HV menjadi 140 HV.

Teknik penggabungan perlakuan permukaan *shot peening* menggunakan steel ball dengan kekerasan 40-50 HRC, diameter 1-2 mm dan *nitrided* pada stainless steel 316L meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus karena pembentukan fase nitrida, induksi dari tegangan tekan, penghalusan butir dalam permukaan dan meningkatkan ketahanan korosi dalam larutan kimia dengan komposisi NaCl 8,6 g/l, KCL 0,3 g/l dan  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,33 g/l (Hashemi, dkk, 2011).

Proses *shot peening* maupun *sand blasting* merupakan salah satu metode perlakuan permukaan untuk meningkatkan sifat mekanik materialnya (Suyitno, dkk, 2012).

Peningkatan deformasi plastis yang terjadi pada permukaan bahan setelah proses *shot peening* dapat menimbulkan kerapatan dislokasi. Semakin besar deformasi plastis yang diberikan, maka akan menyebabkan bertambahnya dislokasi yang akan membentuk interaksi antar dislokasi yang satu dengan yang lainnya. Inetraksi ini menyebabkan kerapatan dislokasi yang tinggi terutama pada batas butirnya dan akan saling menghambat, sehingga dapat menimbulkan efek pengerasan regangan (*strain hardening effect*) (Farahi, dkk, 2010).

Ishak, (2011) telah melakukan penelitian pengaruh *sandblasting* dan *electropolishing* terhadap kekasaran permukaan, kekerasan, struktur mikro dan ketahanan korosi baja tahan karat 316L. Proses *sandblasting* tekanan kerja dengan 5-7  $\text{Kg}/\text{cm}^2$ , durasi 10 menit, menggunakan pasir silika ukuran 500-800  $\mu\text{m}$ . Proses *electropolishing* menggunakan arus DC dengan output maksimum  $2 \times 100\text{A}$ , larutan elektrolit terdiri 96% asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dan 85% *massa fraction* asam fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) dengan perbandingan 1:1, parameter yang

digunakan proses *electropolishing* adalah tegangan, jarak antar elektroda dan durasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan tegangan, penurunan jarak, dan penambahan durasi pada proses *electropolishing* akan meningkatkan kekasaran permukaan sampai lebih dari 28 kali lipat, kekerasan meningkat 69% dan ketahanan korosi meningkat hingga 37%.

Sujita (2011) melakukan penelitian pengaruh perlakuan *shot peening* terhadap *Stress Corrosion Cracking* (SCC) baja karbon rendah pada lingkungan korosif. Dalam hasil penelitiannya bahwa peningkatan nilai kekerasan pada bahan yang *dishot peening* menghasilkan deformasi plastis pada permukaannya sehingga menghasilkan pengerasan regangan, semakin lama waktu *peening* kekerasan yang dihasilkan semakin meningkat dan dalam penelitian ini tidak ditemukan SCC pada bahan yang *dishot peening* sehingga menunjukan proses *shot peening* salah satu metode untuk mencegah terjadinya SCC pada logam dalam lingkungan korosif.

Mulyaningsih (2013) telah melakukan penelitian tentang pengaruh waktu *electroplating* Ni-Cr terhadap kekerasan dan laju korosi dalam media cairan PBS pada *stainless steel* 304. Hasil penelitiannya menunjukan waktu optimum *electroplating* Ni-Cr pada *stainless steel* 304 adalah 17 menit menghasilkan ketebalan lapisan 8 $\mu$ m dengan peningkatan kekerasan 61% dari 175 VHN<sub>0,01</sub> menjadi 282 VHN<sub>0,01</sub> dan penurunan laju korosi 60,9% dari 0,0009423 mm/yr menjadi 0,000368 mm/yr.



## 2.2 LANDASAN TEORI

### 2.2.1 *Stainless Steel*

*Stainless steel* adalah baja paduan dengan 10,5-18% krom yang membentuk lapisan pasif sebagai pelindung pada fenomena oksidasi sehingga *stainless steel* tahan terhadap korosi.

Klasifikasi material *stainless steel*

#### a. *Austenitic stainless steel*

*Austenitic stainless steel* mempunyai komposisi 17-25% Cr, 8-20% Ni dan 0,08-0,1% C dan unsur tambahan lain seperti Ti, Mo, Cu, Nb dan Al. material ini dapat dikeraskan dengan cara pengerjaan dingin (*cold working*) dan mempunyai struktur kristal *Face Centered Cubic* (FCC). *Austenitic stainless steel* paling banyak digunakan dunia industri karena beberapa kelebihan diantaranya: bersifat non magnetik, mampu bentuk baik, ketahanan korosi tinggi, serta memiliki sifat keuletan dan ketangguhan yang sangat baik pada temperatur *cryogenic*.

#### b. *Ferritic stainless steel*

*Ferritic stainless steel* mempunyai struktur kristal *Body-Centered-Cubic* (BCC) pada temperatur kamar. Komposisi 12-35% Cr, kadar karbon rendah dengan unsur tambahan Mo, Ti dan Nb. Material ini bersifat magnetik, kekuatannya rendah dan tidak bisa dikeraskan dengan cara *heat treatment*. Kelebihannya tahan terhadap SCC *Clorida*, korosi atmosfer dan oksidasi.

#### c. *Martensitic stainless steel*

Merupakan jenis *austenitic* yang dikeraskan dan ditemper untuk meningkatkan keuletan dan ketangguhan. *Martensitic stainless* mempunyai sel satuan *Body Centered Tetragonal* (BCT) dan bersifat magnetik. Kkuatannya diperoleh melalui proses *heat treatment* yang dilanjutkan dengan pendinginan secara cepat di media air dan juga tergantung pada prosentase karbon. Persen karbon tinggi menyebabkan kekuatan tinggi, tetapi keuletan dan ketangguhannya akan menurun.

#### d. *Precipitation hardening stainless steel*

Mengandung nikel yang dapat meningkatkan kekuatan tarik sangat tinggi. Kelas paling umum dalam kelompok ini adalah "17-4 PH", juga dikenal baja tahan karat 630 dengan komposisi 17% kromium, 4% nikel dan 0,3% niobium. Keuntungan

yang lain pada baja ini yaitu dapat diperlakukan lagi seperti dengan perlakuan panas agar diperoleh sifat yang lebih baik.

e. *Duplex stainless steel*

Paduan Cr-Ni-Mo yang mengandung campuran *austenite* dan *ferrite* seperti 2304, 2205 (komposisi krom 23%, nikel 4% dan krom 22%, nikel 5%). Baja jenis ini memiliki sifat magnetik, tahan terhadap SCC. keuletan dan ketangguhannya tinggi dibandingkan dengan baja *austenitic* dan baja *ferritic*. Kekuatan luluhnya mencapai 550-600 Mpa.

*Stainless steel* 304 dan 316L masuk dalam katagori *austenitic stainless steel* yang mengandung 18% krom dan 8% nikel dengan karbon paling banyak 0,08%. Elemen yang paling penting pada paduan *stainless steel* adalah krom (Cr), dimana elemen ini menyebabkan tahan terhadap korosi. Elemen nikel (Ni) menjadikan *stainless steel* mempunyai struktur *austenitic*, sehingga akan meningkatkan keuletan, mengurangi laju korosi dan mampu bentuk. Keberadaan elemen karbon (C) untuk meningkatkan kekuatan mekanis. *Stainless steel* 304 mengandung karbon cukup rendah maksimal 0,08% hal ini bertujuan untuk mereduksi ketahanan terhadap korosi batas butir (Mitraningsih 2008).

Komposisi kimia dari SS 304 berdasarkan pada ASTM A240, sebagai berikut:

Tabel 2.1 Komposisi kimia SS 304

%	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	N
Min	-	-	-	-	-	-	20	-
Max	0,08	2	0,75	0,04	0,03	20	10	0,1

Lapisan yang tidak terlihat (*invisible layer*) akibat dari oksidasi elemen kromium dengan oksigen yang membentuk lapisan  $Cr_2O_3$  yang akhirnya membentuk lapisan pelindung anti korosi (*protective layer*) yang menyebabkan *stainless steel* tahan terhadap korosi. Walaupun demikian kondisi lingkungan seperti larutan asam/basa, gas-gas hasil reaksi kimia bisa menyebabkan kerusakan *protective layer* yang akhirnya mengakibatkan terjadinya korosi.

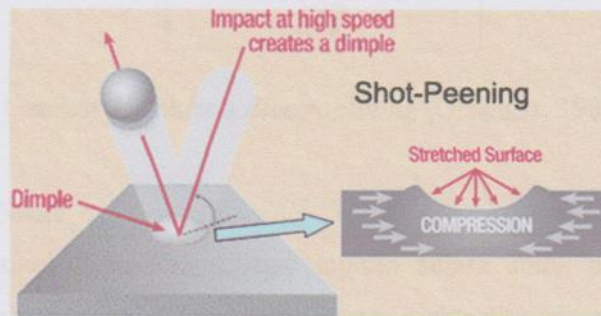


### 2.2.2 Shot Peening

*Surface finish* pada logam akan mempengaruhi batas lelehnya, dimana kondisi permukaan sangat ditentukan oleh perlakuan permukaan seperti:

- Mechanical*, contohnya proses *shot peening* yang menghasilkan tegangan sisa tekan pada permukaan logam.
- Plating*, pada proses ini menimbulkan tegangan sisa tarik pada permukaan logam.
- Thermal, seperti nitriding, karburisasi dapat menghasilkan tegangan sisa tekan pada permukaan logam.

*Shot peening* merupakan proses penembakan butiran material bola baja dengan tekanan tinggi pada permukaan material logam secara berulang dan *progressive* sehingga menghasilkan permukaan logam menjadi kasar dan rata, mencegah terjadinya SCC, meningkatkan ketahanan terhadap *fretting*, menutup porositas, pengerasan dan tegangan sisa tekan pada permukaan material yang meningkatkan sifat mekanik material tersebut. Tegangan sisa tekan yang terjadi pada permukaan akibat adanya deformasi plastis yang disebabkan oleh benturan bola-bola baja yang ditembakkan dengan kecepatan sangat tinggi pada permukaan logam dan membentuk indentasi-indentasi yang kecil.

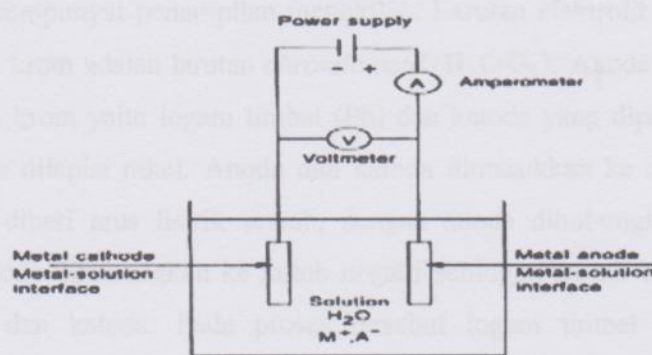


Gambar 2.1 Proses *shot peening* (*Abrasive Finishing Company Inc.*)

Beberapa faktor yang mempengaruhi hasil dari proses *shot peening* adalah tekanan udara yang digunakan untuk penembakan bola baja, ukuran bola baja, lama waktu penembakan, sudut penembakan, kekerasan bola baja, dan jarak penembakan *nozzel* ke permukaan benda kerja.

### 2.2.3 Electroplating

*Electroplating* adalah suatu proses pelapisan pada material dimana material yang dilapisi berfungsi sebagai elektroda negatif (katoda) sedangkan material pelapis sebagai elektroda positif (anoda) yang berlangsung didalam larutan fluida (elektrolit) dengan dialiri arus listrik (Grainger, 1989). Pada penelitian ini permukaan dari *stainless steel* 304 sebagai *substrate* dilapisi Ni-Cr dengan proses dicelupkan ke dalam larutan kimia yang telah diberi aliran arus listrik DC. Arus listrik DC dialirkan pada larutan sehingga ion-ion akan menempel pada permukaan *substrate*. Saat proses pelapisan permukaan *substrate* harus dalam kondisi bersih dan diperlukan sirkulasi pada larutan elektrolit untuk meratakan proses pelekatan ion-ion pada permukaan *substrate* sehingga diperoleh hasil pelapisan yang optimal.



Gambar 2.2 Skema *Electroplating* (Grainger, 1989)

### 2.2.4 Pelapisan Nikel

Pelapisan nikel digunakan sebagai lapisan antara untuk pelapisan krom. Proses pelapisan yang terjadi dalam media larutan elektrolit dengan bantuan listrik DC yang dihubungkan pada logam nikel sebagai anoda dan SS 304 sebagai katoda. Anoda akan terurai ke dalam larutan elektrolit yang mengandung ion-ion nikel. Dengan adanya beda tegangan, ion nikel tersebut terbawa dan menempel pada katoda. Larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan *Chloride-sulfate*

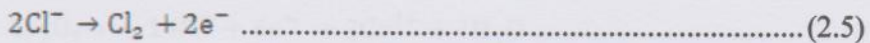
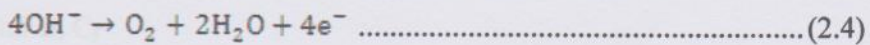


Dalam proses elektrolisa nikel terjadi reaksi pada katoda, yaitu proses reduksi dari ion nikel dengan bantuan elektron yang berasal dari sumber arus DC.

Reaksi reduksi yang terjadi pada katoda:



Reaksi yang terjadi pada anoda:

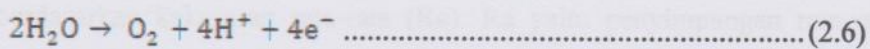


### 2.2.5 Pelapisan Krom

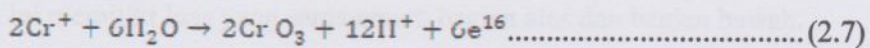
Pelapisan krom digunakan untuk memperoleh lapisan logam keras, tahan korosi, serta mempunyai penampilan mengkilap. Larutan elektrolit yang dipakai pada pelapisan krom adalah larutan *chromic acid* ( $\text{H}_2\text{CrO}_3$ ). Anoda yang dipakai pada pelapisan krom yaitu logam timbal (Pb) dan katoda yang dipakai yaitu SS 304 yang telah dilapisi nikel. Anoda dan katoda dimasukkan ke dalam larutan elektrolit dan diberi arus listrik searah, dengan anoda dihubungkan ke kutub positif dan katoda dihubungkan ke kutub negatif sehingga terjadi beda potensial antara anoda dan katoda. Pada proses tersebut logam timbal tidak terurai (*unsoluble anode*) ke dalam larutan elektrolit sehingga fungsi dari anoda hanya sebagai penghantar arus listrik saja. Melalui larutan elektrolit ion-ion krom akan akan terbawa dan menempel pada permukaan katoda.

Reaksi pada anoda sebagai berikut:

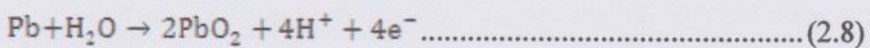
Pengeluaran oksigen



Oksidasi ion kromat



Produksi timbal dioksida



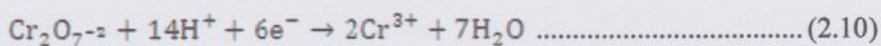
Reaksi pada anoda  $PbO_2$  harus terbentuk karena apabila tidak terbentuk akan terjadi timbal kromat yang menghambat pengaturan konsentrasi  $Cr^{+}$  di bak larutan. Oksidasi Cr pada anoda membantu produksi  $Cr^{+}$  tersebut pada katoda serta menjaga kestabilan  $Cr^{+}$  di bak larutan.

Reaksi pada katoda sebagai berikut:

Pengeluaran hidrogen



Pembentukan Cr



Reaksi pengendapan



**2.2.6 Komposisi Bahan**

Pengujian komposisi bahan dapat menunjukkan kandungan unsur-unsur yang terdapat pada bahan, dimana besar prosentase unsur dari bahan dapat mempengaruhi sifat mekanisnya.

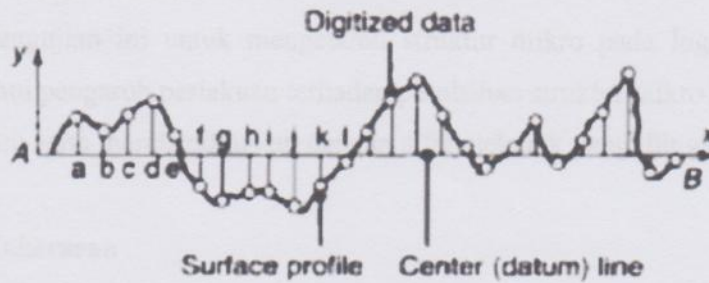
**2.2.7 Ketebalan Lapisan**

Pengujian ini dengan mengukur ketebalan lapisan pada permukaan logam sebelum dan sesudah dilakukan proses *electroplating*.

**2.2.8 Kekasaran Permukaan**

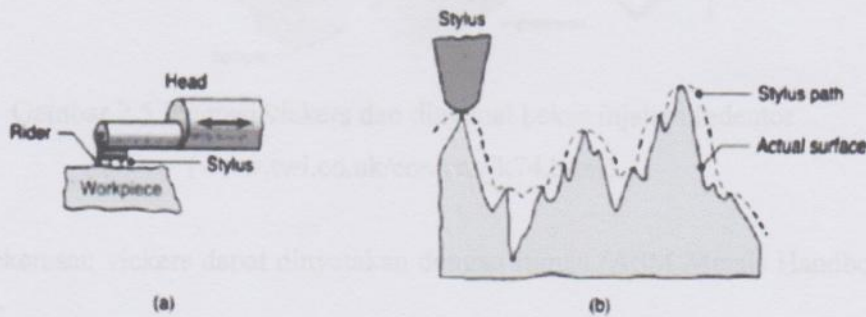
Kekasaran merupakan ukuran ketidakraturan suatu permukaan benda dan penyimpangan bentuk permukaan dari kondisi idealnya. Kekasaran permukaan diukur berdasarkan kekasaran rata-rata (Ra). Ra yaitu penyimpangan rata-rata pada permukaan benda dari garis profil rata-rata permukaan material. Garis profil rata-rata ini memiliki luas yang sama antara bagian atas dan bagian bawah.





Gambar 2.3 Sketsa profil permukaan suatu benda (Hutchings, 1992)

Alat yang digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan yaitu *stylus profilometer*. Dimana *stylus profilometer* bergerak sepanjang garis lurus permukaan material. Keterbatasan radius ujung dari *stylus profilometer* menyebabkan pengukuran tidak sampai ke dasar benda uji, sehingga mengurangi ketelitian dari kekasaran yang dihasilkan, seperti tersaji pada gambar 2.4 sehingga dengan semakin kecil diameter permukaan *stylus profilometer*, semakin dekat pengukuran ke permukaan yang sebenarnya.



Gambar 2.4 (a) pengukuran kekasaran permukaan dengan *stylus profilometer*  
(b) pola pengukuran yang dihasilkan oleh *stylus profilometer*

Bahan Ujung *stylus* menggunakan intan berbentuk piramid atau kerucut, dengan sudut minimal  $60^\circ$  dan radius puncak  $1-2,5 \mu\text{m}$ . Penggunaan bahan intan mempertimbangkan segi kekuatan.

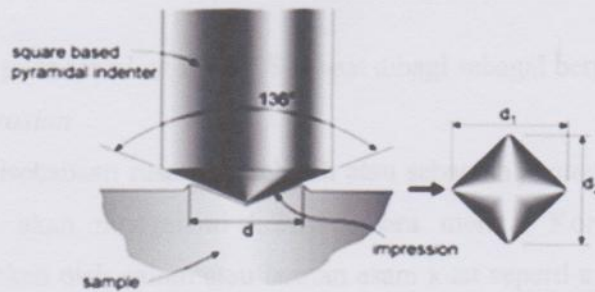
### 2.2.9 Struktur Mikro

Pengujian ini untuk mengetahui struktur mikro pada logam dan untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap perubahan struktur mikro dan perubahan sifat logam serta membandingkan dengan sifat mekanik yang diinginkan.

### 2.2.10 Kekerasan

Kekerasan bahan sangat menentukan ketahanan suatu bahan terhadap deformasi plastis apabila bahan tersebut diberi beban dari luar (Callister, 2007). Pengujian kekerasan bahan pada penelitian ini menggunakan metode indentasi mikro Vickers. Kekerasannya diukur dari panjang diagonal bekas injakan indenter. Indentor berbentuk piramida intan dengan sudut antara permukaan berlawanan  $136^\circ$  seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5

Gambar 2.5 Proses indentasi pada logam dengan indenter



Gambar 2.5 Identasi vickers dan diagonal bekas injakan indenter

([www.twi.co.uk/content/jk74.html](http://www.twi.co.uk/content/jk74.html))

Nilai kekerasan vickers dapat dinyatakan dengan rumus (ASM Metals Handbook Vol. 8) :

$$\text{VHN} = \frac{2P \cdot \sin(\theta/2)}{d^2} = 1,854 \frac{P}{d^2} \dots\dots\dots (2.12)$$

dengan: VHN = nilai kekerasan spesimen ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )

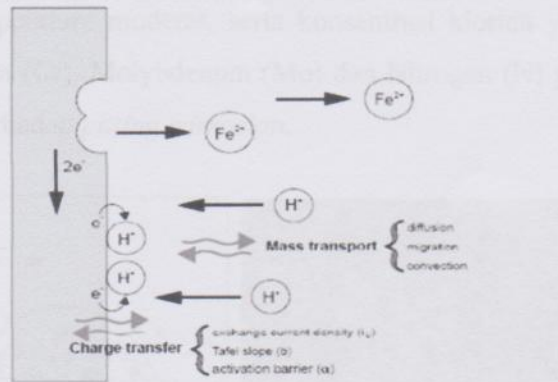
P = beban terpasang (kg)

d = diameter rata-rata bekas injakan penetrator (mm)



### 2.2.11 Korosi pada *Stainless Steel*

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat interaksi atau reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Mekanisme proses korosi pada logam dapat digambarkan secara sederhana seperti pada Gambar 2.5

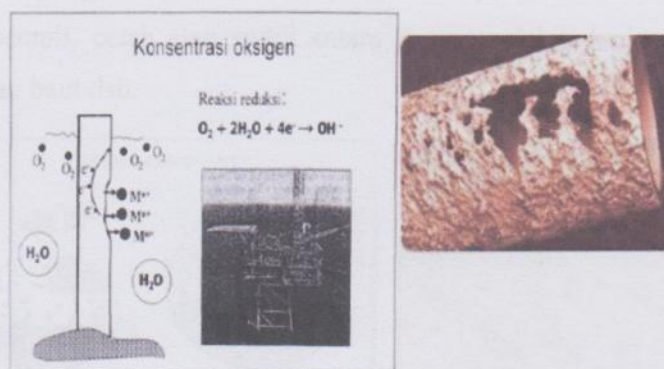


Gambar 2.5 Proses korosi pada logam (Roberge, 2000)

Jenis-jenis korosi pada *stainless steel* (SS) dapat dibagi sebagai berikut:

#### a. *Uniform Corrosion*

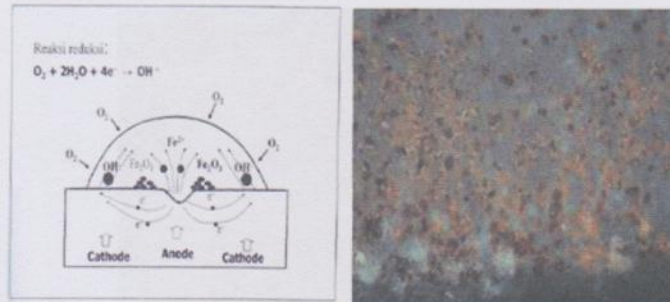
Korosi jenis ini disebabkan rusaknya seluruh atau sebagian *protective layer* pada SS sehingga SS akan mengalami korosi secara merata. Korosi ini terjadi umumnya disebabkan oleh cairan atau larutan asam kuat seperti asam hidroklorit dan asam hidrofleur maupun alkali dengan temperature tinggi.



Gambar 2.6 *Uniform corrosion*

b. *Pitting Corrosion*

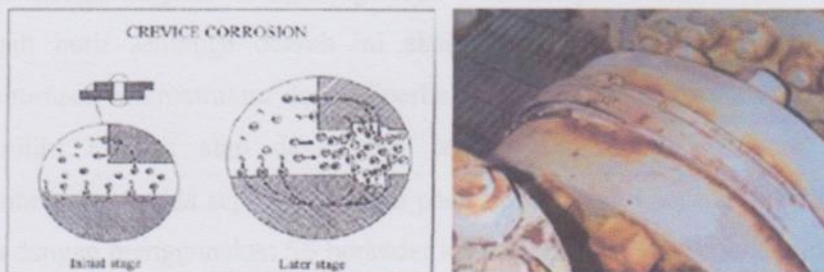
Proses korosi jenis ini awalnya terlihat kecil dipermukaan SS tetapi semakin membesar pada bagian dalam sehingga sulit diatasi dan dicegah terutama terjadi pada pipa-pipa bertekanan tinggi. Korosi ini terbentuk pada kondisi lingkungan dengan pH rendah, temperature moderat, serta konsentrasi klorida yang cukup tinggi. SS berkadar Krom (Cr), Molybdenum (Mo) dan Nitrogen (N) yang tinggi cenderung lebih tahan terhadap *pitting corrosion*.



Gambar 2.7 *Pitting Corrosion*

c. *Crevice Corrosion*

Korosi ini terjadi pada daerah dimana kondisi oksidasi terhadap krom SS sangat rendah atau miskin oksigen seperti desain konstruksi peralatan yang tidak memungkinkan terjadinya oksidasi tersebut misal celah antara gasket atau *packing*, celah yang terbentuk akibat pengelasan yang tidak sempurna, sudut-sudut yang sempit, celah atau sudut antara dua atau lebih lapisan metal, celah antara mur dan baut dsb.



Gambar 2.8 *Crevice Corrosion*



d. *Stress Corrosion Cracking*

Pada kondisi kombinasi antara tegangan *tensile*, *torsion*, *compressive* maupun *thermal* dan lingkungan yang korosif maka SS cenderung lebih cepat mengalami korosi. Korosi ini dapat terjadi juga pada pin, baut-mur, SS yang memiliki tegangan sisa akibat *shot peening*, *rolling*, *bending*, *welding* dan sebagainya. Korosi ini meningkat jika komponen yang mengalami *stress* berada di lingkungan dengan kadar klorida tinggi seperti air laut yang temperaturnya cukup tinggi.

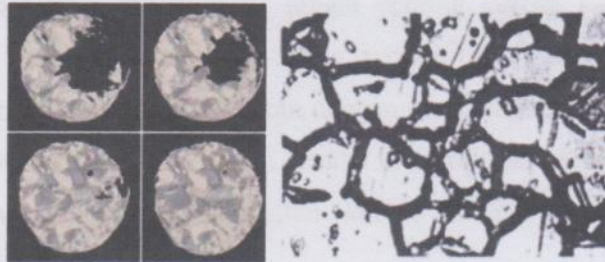


Gambar 2.9 *Stress Corrosion Cracking*

e. *Intergranular Corrosion*

Korosi ini disebabkan ketidak sempurnaan struktur mikro *austenitic* SS pada temperatur 425-850 C° (temperatur sensitasi) atau ketika dipanaskan dan dibiarkan dingin secara perlahan sehingga karbon akan menarik krom untuk membentuk partikel *chromium carbide* di daerah batas butir (*grain boundary*) struktur SS. Formasi kromium karbida yang terkonsentrasi pada batas butir akan menghilangkan/ mengurangi sifat perlindungan kromium pada daerah tengah butir sehingga daerah ini akan mudah terserang korosi. Ketidak sempurnaan mikrostruktur dapat diperbaiki dengan menambahkan unsur yang memiliki afinitas atau daya tarik terhadap karbon lebih besar untuk membentuk karbida seperti Titanium pada SS 321 dan Niobium pada SS 347 atau dengan menggunakan SS berkadar karbon rendah yang di tandai indeks *low carbon steel* seperti 316L atau 304L. Logam SS dengan kadar karbon tinggi akan tahan terhadap korosi jenis ini bila digunakan pada temperatur

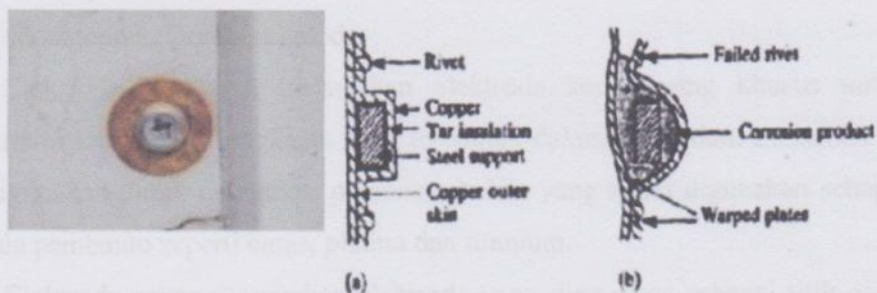
tinggi seperti 304H, 316H, 321H, 347H, 30815/ Sirius S15, 310/ Sirius 310 dan 314/ Sirius 314.



Gambar 2.10 *Intergranular Corrosion*

f. *Galvanic Corrosion*

*Galvanic corrosion* terjadi disebabkan sambungan dua material yang berbeda saling kontak atau terhubung secara listrik dalam lingkungan korosif, dimana satu material berfungsi sebagai anoda dan yang lainnya sebagai katoda sehingga terbentuk jembatan elektrokimia seperti baut dengan mur, paku keeling / rivet dengan body tangki, hasil *welding* dengan benda kerja, sehingga kedua material tersebut menjadi semacam sambungan listrik. Kecenderungan untuk terkorosi tergantung pada potensialnya dimana semakin rendah potensialnya, semakin mudah terkorosi. Tetapi prinsip galvanik ini dapat digunakan untuk melindungi logam yang lebih mahal dengan mengorbankan logam berpotensi lebih rendah, seperti pada *cooler* dan *condenser* air laut, dimana tube terbuat dari paduan tembaga, maka digunakan Mg atau Zn sebagai anoda korban.

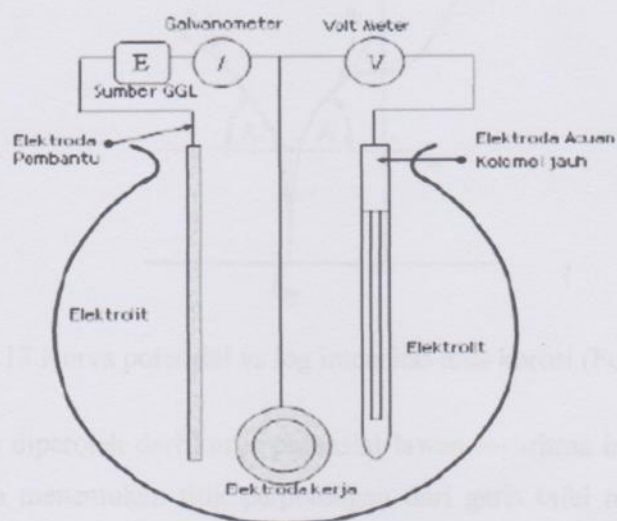


Gambar 2.11 *Galvanic Corrosion*



### 2.2.12 Laju Korosi

Pengujian laju korosi dilakukan dengan pengamatan intensitas arus korosi ( $I_{corr}$ ), ketepatan penentuan harga  $I_{corr}$  sangat penting karena  $I_{corr}$  berbanding langsung dengan besarnya laju korosi yang terjadi pada benda uji didalam lingkungannya. Proses pengujian dilakukan dengan mencelupkan ketiga elektroda kedalam tabung elektrokimia yang berisi larutan elektrolit dan terhubung dengan potensiostat/galvanostat. Skema pengujian korosi dengan metode sel tiga elektroda ditampilkan pada Gambar 2.12



Gambar 2.12 Skema uji korosi sel tiga elektroda (Trethewey dan Chamberlain, 1991)

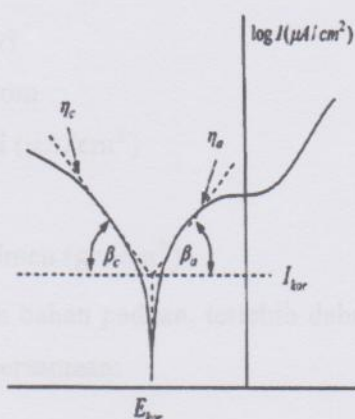
Elektroda kerja merupakan elektroda yang akan diteliti, sebagai pengganti anoda karena penelitian ini tidak hanya terbatas pada perilaku anoda tetapi juga menyelidiki tentang perilaku katoda.

Elektroda pembantu merupakan elektroda kedua yang khusus untuk mengalirkan arus dalam rangkaian yang terbentuk dalam penelitian. Elektroda ini tidak digunakan untuk mengukur potensial, bahan yang dapat digunakan sebagai elektroda pembantu seperti emas, platina dan titanium.

Elektroda acuan merupakan elektroda yang digunakan sebagai titik dasar untuk mengacu pengukuran-pengukuran potensial elektroda kerja. Arus yang

mengalir melalui elektroda ini sangat kecil sehingga diabaikan. Ketiga elektroda ini dicelupkan ke dalam larutan elektrolit pada tabung elektrokimia dan terhubung dengan potensiostat galvanostat.

Perhitungan untuk mengetahui laju korosi dari percobaan ini dapat menggunakan metode berdasarkan kurva potensial vs log intensitas arus korosi sebagai berikut:



Gambar 2.13 Kurva potensial vs log intensitas arus korosi (Fontana, 1987)

Rapat arus korosi diperoleh dari kurva potensial lawan logaritma intensitas arus yaitu dengan cara menentukan titik perpotongan dari garis tafel reaksi reduksi ( $\eta_c$ ) dan garis tafel reaksi oksidasi ( $\eta_a$ ) pada garis potensial korosi ( $E_{kor}$ ).

Nilai  $\eta_c$  dan  $\eta_a$  ditentukan dengan persamaan berikut (Jones, 1991):

$$\eta_c = \beta_c \log \frac{i_a}{i_o} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\eta_a = \beta_a \log \frac{i_c}{i_u} \dots\dots\dots (2.14)$$

dengan:  $\eta_a$  = tafel reaksi oksida

$\eta_c$  = tafel reaksi reduksi

$i_a$  = arus pada reaksi anoda

$i_c$  = arus pada reaksi katoda

$\beta_a$  = gradient tafel reaksi anoda



$\beta_c$  = gradient tafel reaksi katoda

Harga laju korosi suatu logam dalam lingkungannya sebanding dengan harga rapat arus korosi. Sesuai dengan persamaan laju korosi seperti berikut ini (Jones, 1991):

$$r = 0,129 \frac{ai}{nD} \text{ (mpy)} \dots\dots\dots (2.15)$$

dengan:  $r$  = laju korosi (mpy)

$a$  = nomor massa atom

$i$  = rapat arus korosi ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )

$n$  = valensi atom

$D$  = berat jenis spesimen ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

Perhitungan laju korosi untuk bahan paduan, terlebih dahulu dihitung *Equivalent Weight (EW)* menggunakan persamaan:

$$EW = N_{EQ}^{-1} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$N_{EQ} = \sum \left[ \frac{\omega_i}{a_i/n_i} \right] = \sum \left[ \frac{\omega_i n_i}{a_i} \right] \dots\dots\dots (2.17)$$

dengan:  $EW$  = berat jenis equivalen

$N_{EQ}$  = nilai equivalen total

$\omega_i$  = fraksi berat

$a_i$  = nomor massa atom

$n_i$  = electron valensi

Maka persamaan laju korosi untuk bahan paduan menjadi:

$$r = 0,129 \frac{i_{corr}(EW)}{D} \text{ (mpy)} \dots\dots\dots (2.18)$$

Berdasarkan dari persamaan 2.18 diperoleh satuan dari laju korosi *mili meter per year* diartikan sebagai hilangnya berat sebagian spesimen karena pengaruh korosi

dalam satuan mili meter per tahun. dimana konversi *mils per year* ke satuan metrik ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$1 \text{ mpy} = 0,0254 \frac{\text{mm}}{\text{yr}} = 25,4 \frac{\mu\text{m}}{\text{yr}} = 22,9 \frac{\mu\text{m}}{\text{hr}} = 0,809 \frac{\mu\text{m}}{\text{sec}} \text{ (mpy) } \dots\dots\dots (2.19)$$

Perbandingan mpy dan satuan metrik memberikan peringkat sebagai berikut (Jones, 1991)

Tabel 2.2 Peringkat laju korosi

Relativecorrosion Resistance	mpy	$\frac{\text{mm}}{\text{yr}}$	$\frac{\mu\text{m}}{\text{yr}}$	$\frac{\text{nm}}{\text{yr}}$	$\frac{\text{pm}}{\text{yr}}$
Outstanding	<1	<0.02	<25	<2	<1
Excelent	1-5	0.02-0.10	25-100	2-10	<1
Good	5-20	0.10-0.50	100-500	10-50	20-50
Fair	20-50	0.00-1.00	500-1000	50-150	20-150
Poor	50-200	1.00-5.00	1000-5000	150-500	50-200
Unaccetable	>200	>5.00	>5000	>500	> 200

### 2.2.13 PBS (*Phospat Baver Salin*)

Larutan PBS berfungsi sebagai larutan penyangga yang biasa digunakan untuk membantu mempertahankan konstan PH Osmolaritas dan konsentrasi ion solusi yang sesuai dengan tubuh manusia (Anonim , 2009).

Komposisi cairan terdiri dari cairan tubuh  $\pm 57\%$  BB terdiri Cairan Intra Seluler (CIS) cairan yang terletak didalam sel tubuh sebesar 70% dan Cairan Ekstra Seluler (CES) cairan yang terletak diluar sel tubuh terdiri plasma darah, cairan serebrospinal, cairan limfe, cairan intraokuler, cairan persendian, cairan gastrointestinal. Komposisi plasma darah terdiri unsur anorganik : Na, K, Ca, Mg, Fe, I dll dan unsur organik : urea, asam urat, kreatinin, glukose, asam lemak, asam amino, enzim, hormon.



### 2.3 Hipotesis

Proses *shot peening* diharapkan meningkatkan sifat kekerasan karena efek *forging* dari proses *shot peening* sehingga akan meningkatkan kerapatan dislokasi batas butir pada permukaan material *stainless steel 304*.

Proses *electroplating* Ni-Cr menambah ketebalan lapisan sehingga dapat menurunkan kekasaran permukaan dan meningkatkan ketahanan korosi.

1. Bahan material steel 304 dengan diameter 16 mm dan tebal 3 mm.
2. Gergaji logam
3. Ampian ukuran 400 x/d 1000 mm
4. Mesin polir milik Laboratorium Bahan Terpadu Jurusan Teknik Mesin IKIP Yogyakarta.
5. Bahan material pelat
6. Alat ukur
7. Mesin shot peening dengan kompartemen blow yang diameter 100 mm, dalam diameter 7 mm, kompartemen dengan mesin shot peening model 5120 mempunyai dua roda dengan 13 HP/200 RPM dan steel ball diameter 0,6 mm dengan ketebalan 40-50 HRC.
8. Proses pelapisan krom menggunakan larutan  $CrO_3$  dan  $H_2SO_4$  dengan komposisi sebagai berikut:
  - a.  $CrO_3$  (Kromat Krom) = 120 gram/liter
  - b.  $H_2SO_4$  (Asam Sulfat) = 700 gram/liter
  - c.  $H_2O$  (Air) = 40 gram/liter
  - d. Brightener I (HSP) = 5 ml/liter
  - e. Brightener II (HSP) = 2 ml/liter
9. Media korosi menggunakan larutan  $NaCl$  dan  $H_2SO_4$  dengan komposisi sebagai berikut:
  - a.  $CrO_3$  (Kromat Krom) = 250 gram/liter
  - b.  $H_2SO_4$  (Asam Sulfat) = 2,5 gram/liter

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Bahan dan Alat

Bahan dan alat pada penelitian ini menggunakan:

1. Logam *stainless steel* 304 dengan diameter 16 mm dan tebal 4 mm.
2. Gergaji tangan
3. Amplas ukuran 400 s/d 1000 *mesh*
4. Mesin poles milik Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin UGM Yogyakarta.
5. *Autosol metal polish*
6. Alkohol
7. Mesin *shot peening* dengan komponen: *Blast gun* diameter *nozzle* 5 mm, selang hisap diameter 9 mm, kompresor dengan mesin diesel Dong Feng model S195 mempunyai *max rated output* 13 HP/2000 RPM dan *steel ball* diameter 0.6 mm dengan kekerasan 40-50 HRC.
8. Proses pelapisan nikel menggunakan larutan elektrolit *chloride sulfate* dengan komposisi sebagai berikut:
  - a. *Nickel Chloride* ( $\text{NiCl}_2$ ) = 175 gram/liter
  - b. *Nickel Sulfate* ( $\text{NiSO}_4$ ) = 200 gram/liter
  - c. *Boric Acid* ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) = 40 gram/liter
  - d. *Brightener I* ( $\text{HBF}_4$ ) = 3 ml/liter
  - e. *Brightener M* ( $\text{SO}_3\text{NH}_2$ ) = 2 ml/liter

Proses pelapisan krom menggunakan larutan *Chromic acid* ( $\text{H}_2\text{CrO}_3$ ) dengan komposisi sebagai berikut:

- a. *Chromic Acid* ( $\text{H}_2\text{CrO}_3$ ) = 250 gram/liter
  - b. *Chatalyst* ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) = 2,5 gram/liter
9. Media korosif menggunakan larutan *Phosphat Bayer Salin (PBS)*

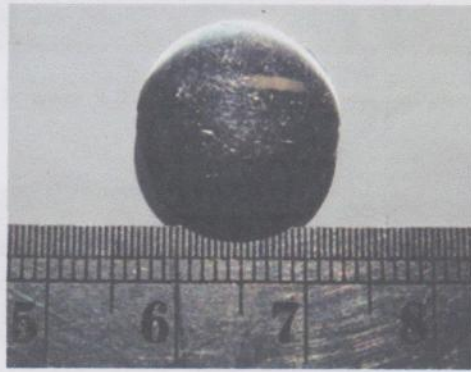


10. Alat *electroplating* Ni-Cr, komponen-komponennya: Travo dengan sumber tegangan DC, bak perendaman, pompa sirkulasi elektrolit, kawat pemegang spesimen dari bahan tembaga dengan diameter 0,3 mm dan *stop watch*. Alat *electroplating* di Laboratorium Teknik Bahan Jurusan Teknik Mesin AKPRIND Yogyakarta.
11. Alat uji struktur mikro, pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada.
12. Alat uji kekasaran permukaan menggunakan *stylus profilometer*, pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada.
13. Alat uji korosi, pengujian laju korosi menggunakan alat Potensiostat / Galvanostat type M 273 dengan rentang tegangan -20 mV s/d 20 mV dan scan rate 0,1 mV/s . Pengujian dilakukan di Laboratorium Uji Korosi, Badan Tenaga Atom Nuklir (BATAN) Serpong.
14. Alat uji kekerasan *Micro Vickers* merk Buchler Micromet 2100 series, beban indentor 100 gram dengan waktu pembebanan 15 detik. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada.
15. Alat pengukuran ketebalan lapisan menggunakan alat uji *FESEM (Field Emission Scanning Elektron Microscopy)*, model FEI merk Inspect 50 di Laboratorium Uji Material, Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

### 3.2 Tahapan Penelitian

#### 3.2.1 Persiapan Spesimen Uji

Material spesimen uji *stainless steel* 304 yang ada di pasaran berbentuk poros dengan diameter 16 mm. Proses pembuatan spesimen dengan memotong menggunakan gergaji tangan sehingga dihasilkan spesimen berdiameter 16 mm dan tebal 4 mm, selanjutnya permukaan spesimen dihaluskan dengan ampelas 400-1000 *mesh*. Langkah selanjutnya setelah proses selesai spesimen disimpan tempat kedap udara untuk menghindari proses oksidasi.



Gambar 3.1 Spesimen yang digunakan dalam penelitian

#### 3.2.2 Proses *Shot Peening*

Pada penelitian ini spesimen *stainless steel* 304 yang sudah siap selanjutnya dilakukan proses *shot peening* dengan meletakkan spesimen tegak lurus dengan *blast gun* yang berfungsi sebagai *nozzle* dengan jarak 10 cm. Proses *shot peening* menggunakan material tembak *steel ball* diameter 0,6 mm, besar tekanan kerja pada kompresor saat proses *shot peening* dipertahankan antara 6 – 7  $\text{Kg/cm}^2$  dengan membuka penuh katub *nozzle*, dan menggunakan durasi variasi waktu proses penembakan 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 menit. Spesimen hasil dari proses *shot peening* selanjutnya dilakukan proses *electroplating* Ni-Cr.





Gambar 3.2 Alat proses pengerjaan *shot peening*



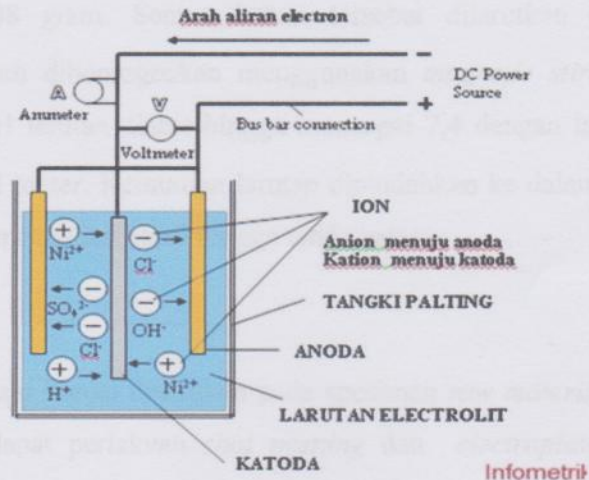
Gambar 3.3 *Steel ball* diameter 0,6 mm digunakan pada proses *shot peening*

### 3.2.3 Proses *Electroplating* Ni-Cr

Prosedur pelapisan nikel-krom pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan-bahan yang telah disiapkan dilarutkan dengan menggunakan aquadest.
2. Pada proses pelarutan, kondisi aquadest pada temperatur 60-800 °C , agar dapat cepat larut dengan merata.
3. Temperatur 40-500 °C atau sesuai dengan temperatur ruang.
4. Kondisi PH larutan antara 4 - 4,5.
5. Lama pelapisan nikel 15 menit dan krom 17 menit.

Skema alat proses pengerjaan *electroplating* nikel-krom seperti terlihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Skema alat proses pengerjaan *electroplating* (www.infometrik.com/2009/08/pelapisan-logam-bagian-1)

### 3.2.4 Uji kekasaran

Pengujian kekasaran permukaan spesimen menggunakan alat *stylus profilometer*. Nilai kekasaran yang diperoleh yaitu nilai kekasaran rata-rata ( $R_a$ ) dan nilai kekasaran rata-rata akar ( $R_q$ ).

### 3.2.5 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada permukaan dan penampang melintang spesimen *raw material* serta spesimen setelah mendapat perlakuan *shot peening* dan *electroplating* Ni-Cr. Pengujian sesuai standar ASTM E 384, dimana beban indentasi yang digunakan sebesar 100 gram selama 15 detik. Pengukuran hasil jejak intan diukur pada arah sumbu X (horisontal) dan sumbu Y (vertikal), sehingga diperoleh diameter yang digunakan untuk menghitung besar nilai kekerasan VHN pada permukaan spesimen. Setiap spesimen dilakukan 7 titik pengujian kekerasan permukaan dan penampang dimulai dari luar sampai sumbu spesimen, sehingga diperoleh nilai distribusi kekerasan dari proses *shot peening* dan *electroplating* Ni-Cr.



### 3.2.6 Pembuatan Larutan PBS (*Phosphat Buffer Salin*)

Larutan PBS terdiri dari KCl 0,1 gram,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,1 gram, NaCl 4 gram dan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  1,08 gram. Semua bahan tersebut dilarutkan dalam 250 ml aquadest steril dan dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* dalam gelas kimia 500 ml, PH larutan diatur hingga mencapai 7,4 dengan larutan  $\text{NaOH}_1\text{M}$  menggunakan PH meter. Kemudian larutan dipindahkan ke dalam labu ukur 500 ml dan tambahkan aquadest steril hingga tanda batas.

### 3.2.7 Uji Korosi

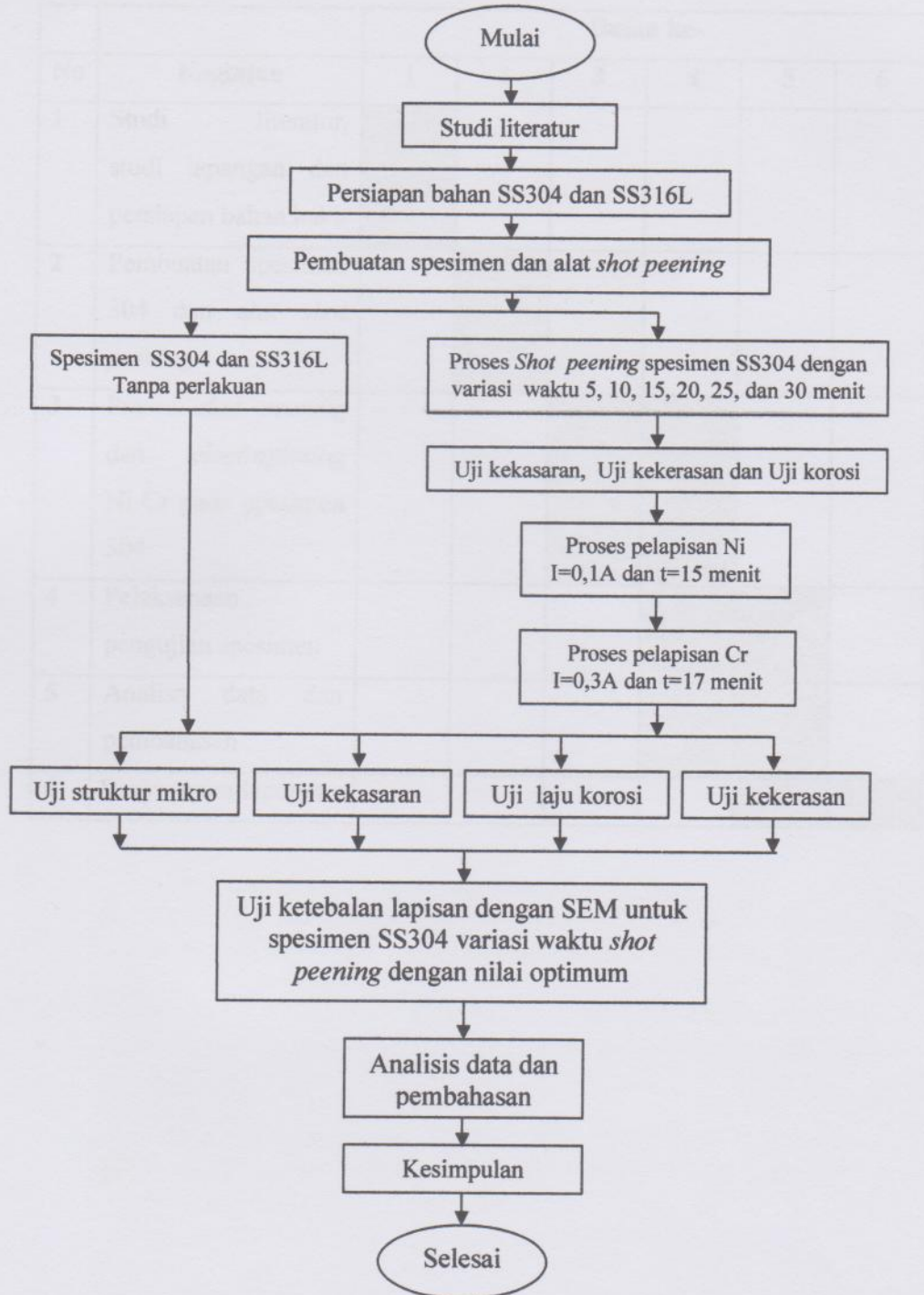
Pengujian laju korosi dilakukan pada spesimen *raw material* dan spesimen yang telah mendapat perlakuan *shot peening* dan *electroplating* nikel-krom. Spesimen *stainless steel* 304 sebagai elektroda kerja, elektroda pembantu menggunakan karbon dan elektroda acuan menggunakan kalomel jenuh. Ketiga elektroda ini dicelupkan dalam tabung yang berisi 600 ml larutan PBS dan terhubung dengan potensiostat dan galvanostat. Kemudian proses korosi dimulai dengan pemberian potensial pada elektroda kerja dari -20 mV sampai 20 mV. Harga laju korosi dapat ditentukan berdasarkan harga dari  $I_{corr}$  dimana harga laju korosi suatu logam dalam lingkungannya sebanding dengan harga  $I_{corr}$ .

### 3.2.8 Uji Ketebalan Lapisan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tebal lapisan yang terbentuk dari spesimen yang *dishot peening* setelah dilakukan proses *electroplating* Ni-Cr. Pemotongan sampel dilakukan dalam arah lateral untuk mendapatkan penampang melintang dari substrat yang dilapisi, kemudian sampel dihaluskan terlebih dahulu dengan amplas nomor 600, 800 dan 1000 mesh. Proses selanjutnya yaitu pemolesan spesimen dengan menggunakan kain dan zat *metal polish* sampai diperoleh hasil permukaan sampel mengkilat dan tanpa goresan. kemudian dilakukan pengetsaan permukaan sampel menggunakan campuran 65% HCL dan 35%  $\text{HNO}_3$ . Sampel kemudian diamati dengan FESEM untuk mengetahui ketebalan lapisan yang terbentuk.

### 3.3 Alur Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan disajikan pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian



### 3.4 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke-					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi literatur, studi lapangan dan persiapan bahan baku	■					
2	Pembuatan spesimen 304 dan alat <i>shot peening</i>		■				
3	Proses <i>shot peening</i> dan <i>electroplating</i> Ni-Cr pada spesimen 304			■	■		
4	Pelaksanaan pengujian spesimen				■	■	
5	Analisa data dan pembahasan				■	■	
6	Penyusunan laporan					■	■

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim 2, 2009, PBS (Phospat Buffer Salin)
- ASM Metal Handbooks Volume 8, 2000, Mechanical Testing and Evaluation.*
- Asquith, D.T., Yerokhin, A.L., Yates, J.R., Matthews, A., 2007, The Effect of Combined Shot Peening and PEO Treatment on The Corrosion Performance of 2024 Al Alloy, *Thin Solid Films*, Vol. 516, pp. 417-421.
- Callister, W.D., 2001, Material Science and Engineering an Introduction, *John Wiley & Sons, Inc*, Sixth Edition.
- Carvalho, A.L.M., Voorwald, H.J.C., 2007, Influence of shot peening and hard chromium electroplating on the fatigue strength of 7050-T7451 aluminum alloy, *International Journal of Fatigue*, Vol. 29, pp. 1282-1291.
- Cho, K.T., Song, K., Oh, S.H., Lee, Y.K., Lim, K.M., Lee, W.B., 2012, Surface Hardening of Aluminum Alloy by Shot Peening Treatment with Zn Based Ball, *Materials Science and Engineering*, Vol. 543, pp. 44-49.
- Harada, Y., Fukaura, K., Haga, S., 2007, Influence of Microshot Peening on Surface Layer Characteristics of Structural Steel, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 191, pp. 297-301.
- Hashemi, B., Yazdi, M.R., Azar, V., 2011, The Wear and Corrosion Resistance of Shot Peened-Nitrided 316L Austenitic Stainless Steel, *Material and Design*, Vol. 32, pp. 3287-3292.
- Ishak, 2011, Pengaruh Sandblasting dan Electropolishing terhadap Kekasaran Permukaan, Kekerasan, Struktur Mikro dan Ketahanan Korosi Baja Tahan Karat AISI 316L, Teknik Mesin, UGM, Yogyakarta.
- Kade S., Suarsana., 2007, Prediksi Laju Korosi dengan Perubahan Besar Derajat Deformasi Plastis dan Media Pengkorosi pada Material Baja Karbon, *Jurnal Teknik Mesin CAKRAM*, Vol. 1 No. 1.
- Lee, H., Kim, D., Jung, J., Pyon, , D., Jung, J., Pyon, Y., Shin, K., 2009, Influence of Peening on The Corrosion Properties of AISI 304 Stainless Steel, *Corrosion Science*, Vol. 51, pp. 2826-2830.
- Majzoobi, G.H., Nemati, J., Novin Rozz, A.J., Farrahi, G.H., 2009, Modification of Fretting Fatigue Behavior of AL7075-T6 Alloy by The Application of Titanium Coating using IBED Technique and Shot Peening, *Tribology International*, Vol. 42, pp. 121-129.



- Mulyaningsih N., 2013, Pengaruh Waktu Electroplating Nikel-Chrom Terhadap Kekerasan dan Laju Korosi Dalam Media Cairan PBS Stainless Steel 304, Teknik Mesin , UGM, Yogyakarta.
- Sujita, 2011, Pengaruh Perlakuan Shot Peening Terhadap Korosi Retak Tegang Baja Karbon Rendah Pada Lingkungan Korosif, *Jurnal Teknik Mesin*, Vol.1, No.2.
- Sulistiyawan A., Ichwan M., Djoko, H.P., 2003, Studi Ketahanan Korosi Baja Tahan Karat Austenitik Untuk Material Ortopedi, *Jurnal Sains Material Indonesia*, Vol. 4, No. 2 , hal: 52-56.
- Suyitno, Puntodewo, Salim, U.A., Hutama, A., 2012, Rekayasa Permukaan dengan Deformasi Dingin, Sandblasting dan Electropolishing pada Implan Ortopedi Dynamics Compression Plate (DCP), *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI dan Thermofluid IV*, UGM, Yogyakarta.
- Trethewey, K.R., Chamberlain ,J, 1991, Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa, *PT. Gramedia Pustaka Utama*, Jakarta.