

**PENGARUH TEMPERATUR ELEKTROLIT DAN JARAK
ELEKTRODA TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN
LAPISAN *HARD CHROME***

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

**LISDIANTO HARYO ANGGORO
NIM. 0810623056-62**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2012**

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGARUH TEMPERATUR ELEKTROLIT DAN JARAK ELEKTRODA TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN LAPISAN *HARD CHROME*

SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

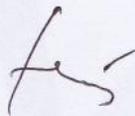


Disusun Oleh :

LISDIANTO HARYO ANGGORO
NIM. 0810623056-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

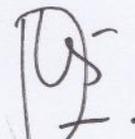
Dosen Pembimbing I



FEMIANA GAPSARI M.F., ST., MT

NIP. 19820704 200812 2 002

Dosen Pembimbing II



PUTU HADI SETYARINI, ST., MT

NIP. 19770806 200312 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH TEMPERATUR ELEKTROLIT DAN JARAK
ELEKTRODA TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN
LAPISAN *HARD CHROME***

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

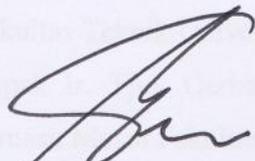
Disusun Oleh :

**LISDIANTO HARYO ANGGORO
NIM. 0810623056-62**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 1 Agustus 2012

MAJELIS PENGUJI

Skripsi I



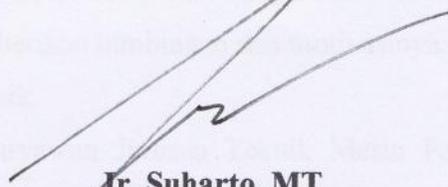
Ir. Agustinus Ariseno, MT
NIP. 19510822 198701 1 001

Skripsi II



Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT, Met
NIP. 19551117 198601 1 001

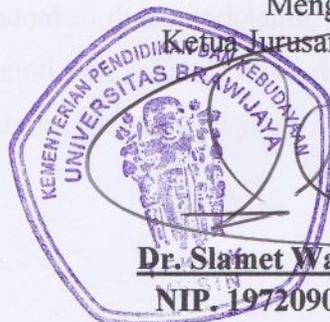
Komprehensif



Ir. Suharto, MT
NIP. 19531030 198212 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 19720903 199702 1 001

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah S.W.T yang telah melimpahkan segala nikmat dari bumi dan langit yang tak terbatas jumlahnya, serta memberikan ketenangan jiwa, menumbuhkan rasa sabar dan semangat kepada semua makhluknya yang percaya akan keberadaannyaNya, khususnya bagi penulis sehingga skripsi dengan judul “Pengaruh Temperatur Elektrolit dan Jarak Elektroda Terhadap Kekasaran Permukaan Lapisan *Hard Chrome*” dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shollohu Alaihi Wassalam.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, penyusunan skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik. Oleh karena itu, dalam kesempatan kali ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini:

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
2. Dr.Eng Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, MSc. Selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Produksi Jurusan Mesin Fakultas teknik Universitas Brawijaya.
4. Ibu Femiana Gapsari MF, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I atas segala bimbingan, nasehat, pengarahan, motivasi, saran, dan masukan yang telah diberikan.
5. Ibu Putu Hadi Setyarini, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang dengan sabar dan tidak pernah lelah memberikan bimbingan dan motivasinya agar penyusunan skripsi ini segera selesai dengan baik.
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang yang bersedia berbagi ilmunya.
7. Kedua orang tuaku tercinta, ayahanda Suminto dan Ibunda Lilis Triningsih yang tak hentinya mendoakan dan mendukung, Saudaraku dek Sari dan dek Afif yang banyak memberikan motivasi, keluarga besar dari ibu dan ayahku atas kasih sayang, doa, serta dukungan material dan spiritual yang diberikan selama ini.

8. Non Riris Dwi Setianing atas semua dukungan moril, semangat tiada henti, dorongan, rasa sayang untuk peduli, motivasi dan semua kata-kata yang senantiasa membuat saya selalu berfikir akan berharganya kebersamaan dan waktu selama ini.
9. Keluarga Besar Laboratorium Metrologi Industri, Ibu Femiana Gapsari selaku Kepala Laboratorium yang telah banyak memberikan nasehat dan bantuannya selama saya melaksanakan penelitian, serta saat menjadi asisten. Tidak lupa ucapan banyak terima kasih kepada saudara-saudaraku asisten: Mas Wahyu, Ulil, Lutfi, Luhur, dan Osye terima kasih atas semua kebersamaan dan dukungannya selama ini.
10. Keluarga Besar Laboratorium Pengujian Bahan yaitu Ibu Putu Hadi Setyarini selaku Kepala Laboratorium, Bapak Hastono selaku Laboran serta rekan-rekan asisten atas fasilitas dan dukungannya.
11. Arek-arek kontrakan Kertoasri No 9 Syaiful, Bagus, Andi, Iqbal, dan Robert terima kasih atas dukungan dan motivasinya.
12. Dulur-dulur EMPEROR 08 terima kasih atas kebersamaan, bantuan, dan doanya selama ini sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. *EMPEROR is the best. Solidarity Forever!!!*
13. Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
14. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang senantiasa memberi dukungan demi kelancaran penyelesaian skripsi ini

Akhirnya semoga skripsi ini berguna dan bermanfaat bagi semua. Semoga Allah senantiasa melindungi dan meridhoi setiap langkah dan perbuatan kita. Amin

Malang, 25 Juli 2012

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2 Baja.....	4
2.2.1 Baja Karbon Rendah.....	5
2.2.2 Baja Karbon Sedang.....	5
2.2.3 Baja Karbon Tinggi.....	5
2.3 Pelapisan Logam.....	5
2.4 <i>Electroplating</i>	6
2.5 Elemen Sel Elektrolitik.....	7
2.5.1 Elektrolit.....	7
2.5.2 Sumber Arus.....	9
2.5.3 Elektroda.....	9
2.6 Hubungan Hukum Faraday dengan <i>Electroplating</i>	10
2.7 <i>Chrome</i>	11
2.7.1 Pelapisan <i>Hard Chrome</i>	12
2.7.2 Penggunaan dari Lapisan <i>Hard Chrome</i>	12
2.8 Larutan <i>Plating</i>	13
2.9 Mekanisme Reaksi.....	13

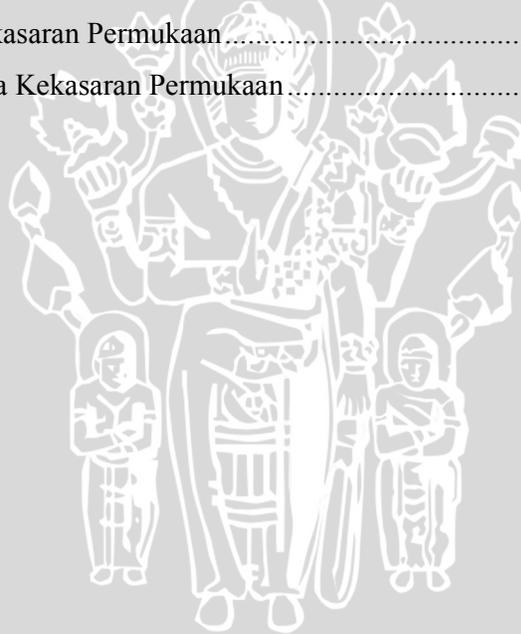
2.10 Temperatur Pada <i>Hard Chrome</i>	14
2.11 Energi Aktivasi.....	15
2.12 Konduktivitas Listrik Elektrolit.....	16
2.13 Reaksi Redoks	17
2.14 Proses Pembentukan Logam Pelapis pada <i>Electroplating</i>	19
2.15 <i>Throwing Power</i>	19
2.16 Kekasaran Permukaan.....	20
2.16.1 Profil Permukaan.....	21
2.16.2 Parameter Permukaan.....	22
2.17 Uji Kekasaran Permukaan.....	24
2.18 Hipotesa	24
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Metode Penelitian.....	25
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.3 Variabel Penelitian	25
3.4 Peralatan dan Bahan yang Digunakan.....	26
3.4.1 Peralatan yang Digunakan.....	26
3.4.2 Bahan yang Digunakan.....	29
3.5 Dimensi Benda Kerja.....	31
3.6 Prosedur Penelitian.....	31
3.7 Pengukuran Kekasaran Permukaan.....	33
3.8 Rancangan Penelitian.....	33
3.9 Diagram Alir Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan.....	36
4.2 Analisa Grafik	37
4.3 Pembahasan.....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses <i>Electroplating</i>	6
Gambar 2.2 Skema <i>Haring Blum Cell</i>	19
Gambar 2.3 Kekasaran Permukaan	20
Gambar 2.4 Gelombang/ <i>Waviness</i>	20
Gambar 2.5 Kesalahan Bentuk (<i>Error of Form</i>).....	20
Gambar 2.6 Profil Suatu Permukaan.....	21
Gambar 2.7 Analisa Profil Dalam Bentuk Tegak	22
Gambar 2.8 Analisa Profil Terukur dengan Arah Memanjang.....	23
Gambar 3.1 Instalasi Penelitian	26
Gambar 3.2 <i>Centrifugal Sand Paper Machine</i>	27
Gambar 3.3 <i>Surface Grinding Machine</i>	27
Gambar 3.4 <i>Power Hacksaw</i>	28
Gambar 3.5 <i>Surface Roughness SJ 301</i>	28
Gambar 3.6 <i>Stopwatch</i>	28
Gambar 3.7 Bak Elektrolisis	29
Gambar 3.8 <i>Micro Hardness Tester</i>	29
Gambar 3.9 Anoda Timbal (Pb).....	30
Gambar 3.10 Larutan Elektrolit	30
Gambar 3.11 Larutan <i>Pickling Asam</i>	31
Gambar 3.12 Dimensi Spesimen.....	31
Gambar 3.13 Posisi Pengujian	33
Gambar 3.14 Rancangan Grafik Hasil Penelitian	34
Gambar 3.15 Diagram Alir Penelitian.....	35
Gambar 4.1 Spesimen Tanpa Perlakuan dan Setelah <i>Hard Chrome</i>	37
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Hubungan antara Temperatur Elektrolit dan Jarak Elektroda Terhadap Kekasaran Permukaan hasil <i>Hard Chrome</i>	38
Gambar 4.3 Gambar Foto Mikro Spesimen.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar Anion dan Kation.....	8
Tabel 2.2 Sifat Fisik <i>Chrome</i>	11
Tabel 2.3 Aplikasi Pelapisan <i>Hard Chrome</i>	12
Tabel 2.4 <i>Sulfate Bath</i> Larutan <i>Hard Chrome</i>	13
Tabel 2.5 Tahanan Jenis Larutan Elektrolit.....	16
Tabel 2.6 Potensial Elektroda Standar.....	18
Tabel 2.7 Angka Kekasaran Permukaan Menurut DIN 4763:1981.....	22
Tabel 3.1 Komposisi Baja AISI 1025.....	30
Tabel 3.2 Rancangan Penelitian Tabel Hasil Uji Kekasaran Permukaan.....	34
Tabel 4.1 Data Nilai Kekasaran Permukaan.....	37
Tabel 4.2 Tabel Rata-rata Kekasaran Permukaan.....	38

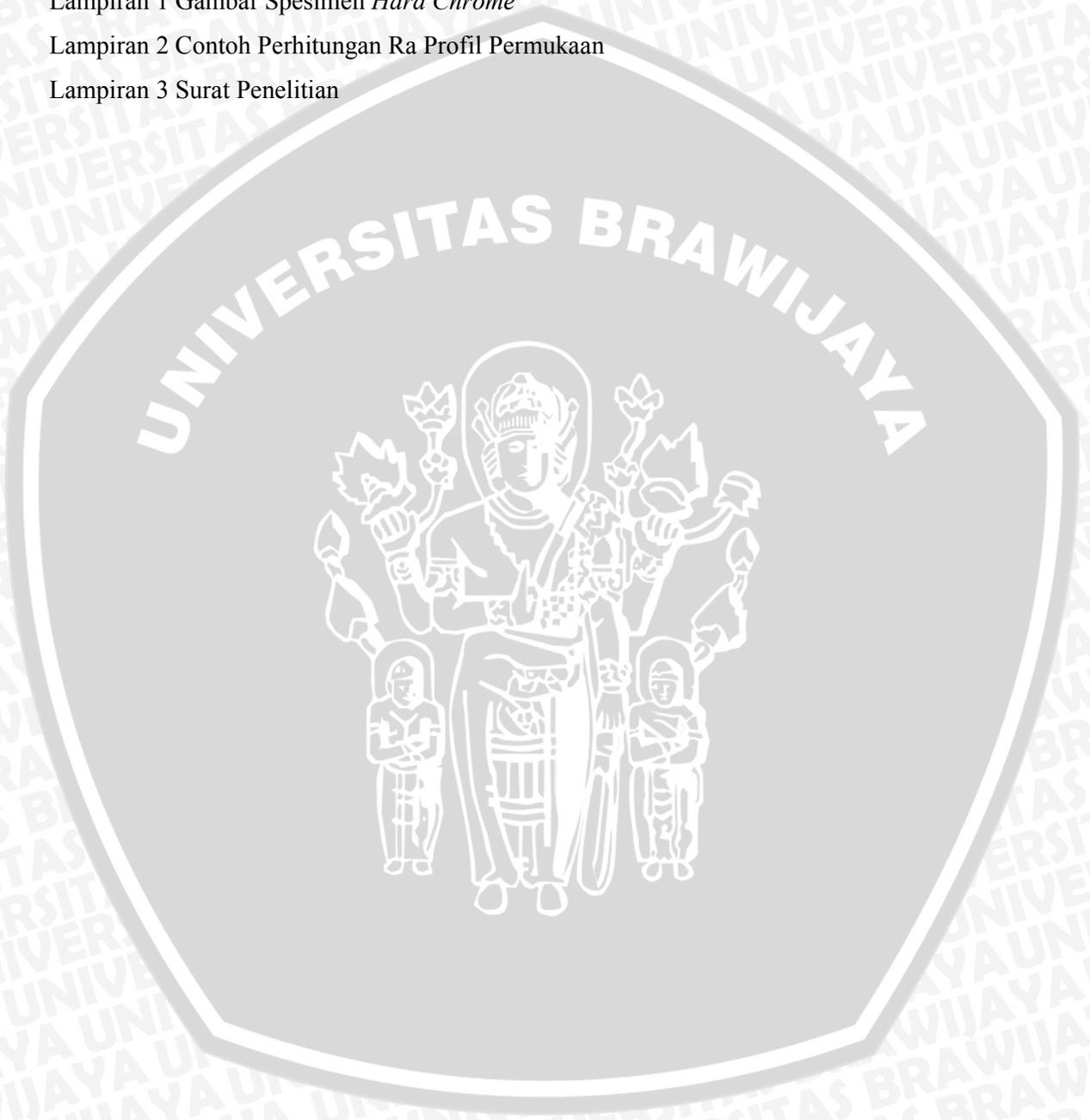


DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Spesimen *Hard Chrome*

Lampiran 2 Contoh Perhitungan Ra Profil Permukaan

Lampiran 3 Surat Penelitian



RINGKASAN

Lisdianto Haryo A, Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Agustus 2012, Pengaruh Temperatur Elektrolit Dan Jarak Elektroda Terhadap Kekasaran Permukaan Lapisan *Hard Chrome*, Dosen Pembimbing: Femiana Gapsari dan Putu Hadi Setyarini.

Hard chrome merupakan salah satu proses pelapisan untuk melapisi material sehingga mendapatkan kualitas permukaan yang lebih baik. Proses ini banyak diaplikasikan pada piston ring, *punch-dies*, *bearing*, poros, *hydraulics cylinder* dan *outside micrometer*. Kualitas kekasaran sangat dipertimbangkan untuk meminimalkan gesekan yang terjadi pada proses *hard chrome*. Hal ini tergantung dari variabel proses *hard chrome*, dimana temperatur elektrolit dan jarak elektroda merupakan parameter yang mempengaruhi kualitas permukaan hasil pelapisan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur elektrolit dan jarak elektroda terhadap kualitas kekasaran permukaan lapisan *hard chrome*.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, variabel bebas yang digunakan yaitu temperatur elektrolit dan jarak elektroda, dengan variasi temperatur elektrolit 45°C, 55°C, dan 65°C sedangkan jarak elektroda dengan variasi 4 cm, 8 cm, dan 12 cm. Variabel terikat pada penelitian ini adalah kekasaran permukaan hasil pelapisan *hard chrome*. Pengukuran kekasaran permukaan dengan menggunakan *surface roughness* SJ 301 dengan mengambil nilai kekasaran rata-rata aritmetis (Ra).

Pada hasil penelitian ini diketahui bahwa temperatur elektrolit, jarak elektroda, dan interaksi antara temperatur elektrolit dan jarak elektroda berpengaruh secara nyata terhadap kekasaran permukaan lapisan *hard chrome*. Kekasaran permukaan terendah sebesar 0.5 μm didapat pada kombinasi variabel temperatur 65°C dengan jarak elektroda 4 cm. kekasaran permukaan tertinggi sebesar 0.81 μm didapatkan pada variasi temperatur 45°C dengan jarak elektroda 12 cm.

Kata Kunci: *Electroplating*, *hard chrome*, temperatur elektrolit, jarak elektroda, kekasaran permukaan

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja karbon merupakan salah satu logam yang banyak digunakan sebagai bahan baku untuk membuat suatu produk di dunia manufaktur, dikarenakan baja mempunyai sifat mekanik yang baik, murah serta banyak ditemukan di pasaran. Baja karbon digunakan untuk tujuan konstruksi bangunan, *shaft coupling*, *crankshaft*, *gears*, dan alat-alat perkakas (Indarto, 2009:27).

Proses manufaktur yang terencana akan mempengaruhi kualitas dari produk yang akan dibuat baik dari sifat maupun kualitas permukaannya. Dalam prosesnya pembuatan produk tidak hanya melalui satu proses saja melainkan banyak proses misalnya *heat treatment* dan proses permesinan. Proses *heat treatment* dan proses permesinan mempunyai nilai kekasaran yang berbeda bergantung dengan parameter yang ditentukan (Indro, 1996:45).

Pada aplikasinya gesekan yang berlebih diakibatkan kekasaran yang tinggi akan mengakibatkan komponen ataupun produk tersebut akan cepat mengalami keausan. Kekasaran permukaan juga menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan pada daerah lekukan dari profil permukaan benda kerja sehingga mengakibatkan berkurangnya daya tahan benda kerja (Indro, 1996:9). Salah satu cara untuk mengurangi kekasaran tersebut dapat dilakukan proses pelapisan logam sebagai proses *finishing*.

Pelapisan logam adalah suatu cara yang dilakukan untuk memberikan sifat tertentu pada suatu permukaan produk, dimana diharapkan benda tersebut akan mengalami perbaikan baik dalam hal struktur mikro maupun ketahanannya, dan tidak menutup kemungkinan pula terjadi perbaikan terhadap sifat fisiknya. Pelapisan logam merupakan bagian akhir dari proses produksi dari suatu produk. Proses tersebut dilakukan setelah benda kerja mencapai bentuk akhir atau setelah proses pengerjaan mesin serta penghalusan terhadap permukaan benda kerja yang dilakukan. Sehingga proses pelapisan termasuk dalam kategori pekerjaan *finishing* atau sering juga di sebut tahap penyelesaian dari suatu produksi benda kerja (Alian, 2010:2).

Pelapisan logam dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satu cara yang paling sering digunakan adalah pelapisan logam secara *electroplating*. *Electroplating* merupakan salah satu proses pelapisan pada permukaan logam yang memiliki keunggulan, yaitu memperbaiki material tanpa mengubah sifat fisik dan mekanik asli

dari bahan yang dilapisi serta dapat dikontrol tingkat ketebalannya dengan beberapa variasi (Hartomo, 1992:25). Bila dibandingkan dengan proses pelapisan logam dengan cara lain, proses *electroplating* mempunyai beberapa keuntungan dan kelemahan. Keuntungannya antara lain: suhu temperaturnya pelapisan rendah, ketebalan lapisan mudah dikendalikan, permukaan halus dan mengkilap, hemat dalam pemakaian logam pelapis. Sedangkan kerugian dari *electroplating* antara lain: adanya keterbatasan dalam unsur lapisan dan desain benda kerja yang akan dilapisi, hanya bisa dilakukan dibengkel (harus ada listrik), tidak bisa dilakukan di lapangan, terbatas dengan bahan yang bersifat konduktor (Abrianto, 2009:3). Dalam proses *electroplating* hal-hal yang mempengaruhi hasil pelapisan diantaranya adalah rapat arus (*current density*), konsentrasi larutan elektrolit, temperatur elektrolit, waktu pelapisan, dan jarak elektroda.

Pada proses elektroplating, salah satu jenis logam yang banyak digunakan sebagai logam pelapis adalah krom. Krom dipilih sebagai pelapis untuk proses *electroplating* karena mempunyai kelebihan yaitu tahan korosi, tahan suhu tinggi, koefisien gesek yang rendah, tahan aus, dan kekerasan yang tinggi.

Rifky (2012) dari penelitiannya mendapatkan kesimpulan semakin tinggi temperatur elektrolit maka laju korosi pada *electroplating hard chrome* akan semakin menurun sedangkan semakin dekat jarak elektroda maka laju korosi juga semakin menurun hal ini disebabkan semakin tinggi temperatur elektrolit dan semakin dekat jarak elektroda akan meningkatkan ketebalan lapisan sehingga laju korosinya akan semakin menurun.

Berdasarkan beberapa keuntungan diatas dalam penggunaan proses pelapisan logam secara *electroplating*, dan melanjutkan penelitian terdahulu dimana belum diketahuinya pengaruh variasi temperatur elektrolit dan jarak elektroda terhadap kekasaran permukaan lapisan *hard chrome*, maka diperlukan penelitian mengenai hal tersebut. Kekasaran yang dilihat adalah nilai kekasaran rata-rata aritmetis (R_a) dikarenakan dalam dunia manufaktur kualitas kekasaran permukaan parameter R_a yang digunakan sebagai parameter pembandingan kualitas kekasaran permukaan dan mengurangi kesalahan pengukuran kekasaran permukaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diambil rumusan masalah penelitian yaitu, bagaimana pengaruh temperatur elektrolit dan jarak elektroda terhadap kekasaran permukaan lapisan *hard chrome*.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dari perumusan masalah diatas, agar penelitian tidak menyimpang dari permasalahan dan tujuannya agar proses yang dilakukan bisa berjalan dengan sesuai maka peneliti membatasi masalah penelitiannya sebagai berikut:

1. Spesimen uji yang dilapisi adalah Baja karbon rendah AISI 1025.
2. Kondisi awal semua material uji yang digunakan dianggap sama.
3. Larutan elektrolit yang digunakan adalah campuran antara *chromium trioksida* dengan asam sulfat. Dengan konsentrasi larutan 250g/l *chromium trioksida* (CrO_3), serta 2,5g/l asam sulfat (H_2SO_4). (Haque, 2002:309)
4. Jarak elektroda yang digunakan yaitu 4, 8, dan 12 cm.
5. Temperatur larutan yang digunakan 45, 55, dan 65°C.
6. Rapat arus yang digunakan yaitu 60 A/dm².
7. Waktu pelapisan selama 45 menit. (Rifky, 2012)
8. Proses *pickling* yang digunakan adalah *pickling* asam dengan komposisi H_2SO_4 10% 10 menit dengan temperatur 60-80°C.
9. Hanya membahas hasil kekasaran permukaan lapisan *hard chrome*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperature elektrolit dan jarak elektroda terhadap kekasaran permukaan lapisan *hard chrome*.

1.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian kali ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Memberi referensi pada industri tentang pengaruh variasi jarak elektroda dan temperatur electrolit terhadap kekasaran permukaan lapisan *hard chrome*.
2. Menjadi dasar acuan sehingga dapat dilakukan penelitian selanjutnya.
3. Memberi tambahan pengetahuan tentang manfaat dan pelapisan logam khususnya *electroplating hard chrome*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Rahardjo (2010) dari penelitiannya tentang pengaruh variasi tegangan dan waktu proses terhadap hasil lapisan *electroplating hard chrome* dengan material yang dilapisi baja karbon rendah mendapatkan kesimpulan semakin tinggi tegangan maka tebal lapisan dan kekerasan lapisan krom akan semakin naik begitu juga waktu pelapisan yang semakin lama maka ketebalan dan kekerasan lapisan krom akan semakin naik sedangkan kekasaran lapisan didapatkan dengan pengukuran kekasaran Ra rata-rata sebesar 0,1 μm .

Erlika (2010) dari penelitiannya mendapatkan kesimpulan semakin tinggi temperatur kekerasan lapisan *hard chrome* akan meningkat sedangkan semakin jauh jarak elektroda maka kekerasannya akan semakin menurun. Nilai kekerasan yang paling tinggi didapatkan pada temperatur elektrolit 60°C dan jarak elektroda 3 cm yaitu 274,33 VHN serta nilai kekerasan yang paling rendah didapatkan pada temperatur elektrolit 40°C dan jarak elektroda 9 cm yaitu 181,33 VHN, dimana spesimen uji yang digunakan adalah baja AISI 1045.

Rifky (2012) dari penelitiannya mendapatkan kesimpulan semakin tinggi temperatur elektrolit maka laju korosi pada *electroplating hard chrome* akan semakin menurun sedangkan semakin dekat jarak elektroda maka laju korosi juga semakin menurun hal ini disebabkan semakin tinggi temperatur elektrolit dan semakin dekat jarak elektroda akan meningkatkan ketebalan lapisan sehingga laju korosinya akan semakin menurun.

2.2 Baja

Baja merupakan paduan yang terdiri dari besi dan karbon serta unsur lainnya. Karbon merupakan salah satu unsur yang penting karena dapat meningkatkan kekerasan dan keuletan baja. Pada industri, baja merupakan logam yang banyak digunakan baik dalam bentuk pelat, lembaran, pipa, batang, profil dan sebagainya.

Proses reduksi (*deoxidation practice*) dan proses pembuatan baja akan mempengaruhi sifat dan karakteristik baja. Walaupun demikian variasi kandungan karbon mempunyai pengaruh yang paling besar pada sifat mekanis baja, dengan bertambahnya kandungan karbon maka kekerasan (*hardness*) dan kekuatan (*strength*)

meningkat. Oleh karena itu klasifikasi baja berdasarkan komposisi kimia lebih banyak digunakan, sehingga baja karbon umumnya dikelompokkan berdasarkan kandungan karbonnya dan unsur campuran seluruhnya mencapai 2%.

2.2.1 Baja Karbon Rendah

Baja dengan kandungan karbon $< 0,3$ %, memiliki kekuatan sedang dengan keuletan yang baik dan sesuai tujuan pabrikan digunakan dalam kondisi tertentu untuk konstruksi atau struktural seperti; jembatan, bangunan gedung, kendaraan bermotor dan kapal laut. Biasanya dibuat dengan pengerjaan akhir rol dingin dan *annealing*. Klasifikasi baja ini termasuk dalam AISI (*American Iron and Steel Institute*) 1010, 1016, 1018, 1019, 1020, 1025.

2.2.1 Baja Karbon Sedang

Pada dasarnya sama dengan baja karbon rendah tetapi kandungan karbonnya berkisar $0,3$ % - $0,7$ %. Baja ini dapat ditingkatkan kekuatannya melalui proses *heat treatment* (misalnya *quenching* dan *tempering*) atau dengan *case hardening* misalnya *carburizing*. Klasifikasi baja ini termasuk dalam AISI 1030, 1040, 1045, 1050 dan 1060. Baja jenis ini banyak digunakan untuk *Shaft Coupling*, *Crankshaft Gears* dan pegas. Baja dengan kandungan karbon $0,4$ % - $0,6$ % digunakan juga untuk rel.

2.2.3 Baja Karbon Tinggi

Baja ini mengandung $0,7\%$ - $1,7\%$ karbon dan juga mangan antara $0,3$ - $0,90$ %. Baja jenis ini banyak digunakan sebagai bahan pegas yang memerlukan kekuatan besar. Sifat-sifat baja karbon tinggi:

1. Tahan terhadap panas yang tinggi.
2. Kekerasannya tinggi.
3. Mampu mesin rendah

2.3 Pelapisan Logam

Salah satu cara untuk memperbaiki sifat permukaan logam adalah dengan menggunakan logam sebagai bahan pelapis. Lapisan logam merupakan penghalang antara permukaan logam dan lingkungan di sekelilingnya (Chamberlain, 1991 :269). Sifat-sifat ideal bahan pelapis dari logam ini dapat diringkas sebagai berikut:

- a) Logam pelapis harus jauh lebih tahan terhadap serangan lingkungan dibanding logam yang dilindungi.

- b) Logam pelapis tidak boleh memicu korosi pada logam yang dilindungi seandainya mengalami goresan atau pecah di permukaannya.
- c) Sifat-sifat fisik, seperti kekerasan harus cukup memenuhi persyaratan operasional struktur atau komponen bersangkutan.
- d) Tebal lapisan harus merata dan bebas dari pori-pori (Persyaratan ini hampir tidak mungkin dipenuhi).

Namun demikian, tahapan yang paling penting sebelum suatu logam menjalani pelapisan adalah tahapan persiapan, yaitu untuk :

- a) Membuang semua kotoran pada permukaan seperti gemuk, minyak, debu, dan serpihan dari proses produksi.
- b) Membuang produk-produk korosi yang sudah terbentuk pada permukaan.

2.4 *Electroplating*

Electroplating adalah suatu proses pengendapan logam yang dikehendaki di atas logam lain dengan cara elektrolisis (Lowenheim, 1974:60). Pada metode ini komponen bersama dengan batangan atau lempengan yang akan dilapisi, direndam dalam suatu elektrolit yang mengandung garam-garam logam pelapis (Chamberlain, 1991:270).

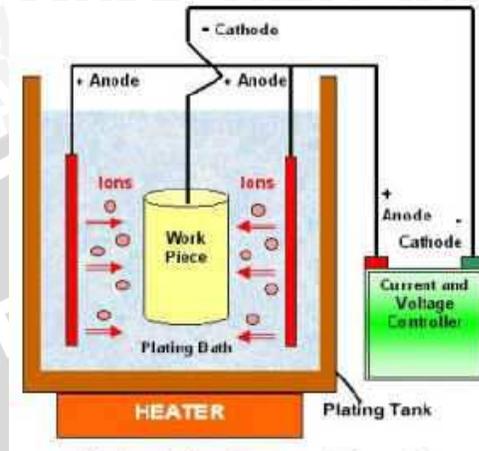
Prinsip dasar dari pelapisan logam secara listrik adalah penempatan ion logam yang ditambah elektron pada logam yang dilapisi, yang mana ion-ion logam tersebut didapat dari anoda atau elektrolit yang digunakan. Dengan adanya arus yang mengalir dari sumber listrik maka elektron ditransfer melalui elektroda positif (anoda) menuju elektroda negatif (katoda). Dengan adanya ion-ion logam yang didapat dari elektrolit maka menghasilkan logam yang melapisi permukaan logam yang dilapisi.

Proses pelapisan listrik memiliki empat komponen penting yaitu:

1. Katoda, merupakan elektroda negatif dalam larutan elektrolit dimana logam yang akan dilapisi diletakkan pada posisi ini.
2. Anoda, merupakan elektroda positif dalam larutan elektrolit pada umumnya merupakan sumber ion logam yang melapisi.
3. Larutan elektrolit, merupakan media penghantar yang dapat berupa asam, basa, atau garam. Pada *hard chromium plating* larutan elektrolit ini dapat berfungsi sebagai penyedia logam, yang akan menempel pada logam yang akan dilapisi yang larut dalam larutan.

4. Arus listrik, arus listrik ini mengalir dari anoda ke katoda, arus yang digunakan yaitu arus DC (*Direct current*).

Skema proses *electroplating* dapat dilihat pada gambar 2.1:



Gambar 2.1 Proses *electroplating*
Sumber : *Anonymous 1*, 2012

2.5 Elemen Sel Elektrolitik

2.5.1 Elektrolit

Jika arus listrik dihubungkan pada larutan *sodium chloride* maka larutan tersebut akan dapat menghantarkan arus listrik dan kemudian larutan akan terurai menghasilkan endapan katoda. Larutan yang dapat menghantarkan listrik disebut larutan elektrolit, sedangkan proses penguraian ion-ion dari larutan disebut ionisasi. Proses ionisasi yang diakibatkan oleh adanya arus listrik tersebut dinamakan elektrolisis.

Larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Berdasarkan daya hantar listriknya larutan elektrolit dapat dibagi menjadi dua yaitu:

- a. Larutan elektrolit kuat

Larutan elektrolit kuat adalah larutan yang mempunyai daya hantar arus listrik yang besar, yang tergolong elektrolit kuat adalah:

1. Asam kuat antara lain: HCl, HClO₃, HClO₄, HNO₃, dan lain-lain
2. Basa kuat, yaitu basa golongan alkali dan alkali tanah, antara lain: NaOH, KOH, Ca(OH)₂, Mg(OH)₂, Ba(OH)₂, dan lain-lain.
3. Garam-garam yang mempunyai kelarutan tinggi, antara lain: NaCl, KCl, KI, Al₂(SO₄)₃

- b. Larutan elektrolit lemah

Larutan elektrolit lemah adalah larutan yang memiliki daya hantar arus yang kecil, yang tergolong elektrolit lemah:

1. Asam lemah, antara lain: CH_3COOH , HCN , H_2CO_3 , H_2S , dan lain lain.
2. Basa lemah, Antara lain: NH_4OH , $\text{Ni}(\text{OH})_2$ dan lain lain.
3. Garam-garam yang sukar larut, antara lain: AgCl , CaCrO_4 , PbI_2 dan lain lain.

Contoh ionisasi dari larutan elektrolit adalah sebagai berikut:

Dimana ion-ion H^+ , Na^+ , Cu^+ merupakan ion positif atau disebut kation, sedangkan Cl^- , $(\text{SO}_4)^{2-}$, merupakan ion negatif atau disebut anion. Daftar nama ion dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Daftar Kation dan Anion

Rumus	Nama Ion	Rumus	Nama Ion
Na^+	Natrium	Pb^{2+}	Timbal (II)
K^+	Kalium	Pb^{4+}	Timbal (IV)
Mg^{2+}	Magnesium	Fe^{2+}	Besi (II)
Ca^{2+}	Kalsium	Fe^{3+}	Besi (III)
Sr^{2+}	Strontium	Hg^+	Raksa (I)
Ba^{2+}	Barium	Hg^{2+}	Raksa (II)
Al^{3+}	Alumunium	Cu^+	Tembaga (I)
Zn^{2+}	Zinc (Seng)	Cu^{2+}	Tembaga (II)
Ni^{2+}	Nikel	Au^+	Emas (I)
Ag^+	Perak	Au^{3+}	Emas (III)
Sn^{2+}	Timah (II)	Pt^{4+}	Platina (IV)
Sn^{4+}	Timah (IV)	NH_4^+	Amonium
Co^{2+}	Kobalt (II)	Cr^{2+}	Krom (II)
Co^{3+}	Kobalt (III)	Cr^{3+}	Krom (III)

Rumus	Nama Ion	Rumus	Nama Ion
OH^-	Hidroksida	SO_4^{2-}	Sulfat
O^{2-}	Oksida	PO_3^{3-}	Fosfit
F^-	Florida	PO_4^{3-}	Fosfat
Cl^-	Klorida	AsO_3^{3-}	Arsenit
Br^-	Bromida	AsO_4^{3-}	Arsenat
I^-	Iodida	SbO_3^{3-}	Antimonit
CN^-	Sianida	SbO_4^{3-}	Antimonat
S^{2-}	Sulfida	ClO^-	Hypoklorit
CO_3^{2-}	Karbonat	ClO_2^-	Klorit
SiO_3^{2-}	Silikat	ClO_3^-	Klorat
$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	Oksalat	ClO_4^-	Perklorat
CH_3COO^-	Asetat	MnO_4^-	Permanganat
NO_2^-	Nitrit	MnO_4^{2-}	Manganat
NO_3^-	Nitrat	CrO_4^{2-}	Kromat
SO_3^{2-}	Sulfit	$\text{Cr}_2\text{O}_4^{2-}$	Dikromat

Sumber: *Anonymous 2*, 2012

2.5.2 Sumber Arus

Besar arus yang akan digunakan selama proses *electroplating* dan kestabilannya harus diperhatikan karena hal itu berhubungan dengan hasil pelapisan yang akan terbentuk. Ditinjau dari kestabilan arus yang dibutuhkan, maka sumber arus yang paling baik adalah DC *power supply* (catu daya searah). Sumber arus yang lain dapat digunakan antara lain baterai kering dan *accumulator* (Svenson, 2006:13).

2.5.3 Elektroda

Pada proses *electroplating* terdapat dua buah elektroda dimana elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif disebut anoda. Sedangkan elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif disebut dengan katoda yang dalam hal ini adalah logam yang akan dilapisi. Ciri-ciri dari elektroda tersebut adalah sebagai berikut (Hartomo, 1992 :2) :

a) Anoda :

- Merupakan kutub positif
- Terjadi reaksi oksidasi
- Terjadi pelepasan elektron

b) Katoda :

- Merupakan elektroda negatif
- Tempat terjadinya reaksi reduksi
- Merupakan benda kerja yang akan dilapisi

Anoda yang sering digunakan dalam proses *electroplating* ada dua macam yaitu anoda yang dapat larut dan anoda yang tidak dapat larut. Maksud dari anoda yang dapat larut adalah anoda yang selama proses pelapisan memberikan ion-ion logamnya kepada katoda sehingga anoda jenis ini makin lama makin habis terkikis. Contoh anoda jenis ini adalah tembaga (Cu), seng (Zn), nikel (Ni), perak (Ag), Kromium (Cr) dan lain sebagainya. Penggunaan anoda jenis ini memiliki keuntungan yaitu membantu pengoperasian dalam menjaga konsentrasi larutan agar tetap dalam batas yang diinginkan secara otomatis. Akan tetapi anoda jenis ini memiliki kelemahan yaitu dalam jangka waktu yang relatif panjang akan menghasilkan kotoran dan memerlukan pengontrolan kondisi apakah anoda masih berfungsi dengan baik untuk pengoperasian (Parthasarady, 1998 :48).

Anoda yang tidak dapat larut adalah anoda yang selama proses tidak terkikis. Contoh anoda jenis ini adalah karbon (C), platina (Pt), timah hitam (Pb), dan lain

sebagainya. Penggunaan anoda jenis ini tidak membutuhkan pengontrolan kondisi anoda secara khusus.

Anoda ini diutamakan selain sebagai penghantar yang baik juga tidak mudah terkikis oleh larutan dengan atau tanpa aliran listrik. Tujuan dipakainya anoda tidak larut adalah untuk:

- Mencegah terbentuknya logam yang berlebihan dalam larutan.
- Mengurangi nilai investasi peralatan
- Menghindari dari kehilangan

Kerugian penggunaan anoda tidak larut adalah cenderung teroksidasinya unsur unsur tertentu dari anoda tersebut kedalam larutan. Oleh karena itu anoda jenis ini tidak bisa digunakan dalam larutan yang mengandung bahan-bahan organik atau cyanid (Abrianto, 2009:12).

2.6 Hubungan Hukum Faraday Dengan *Electroplating*

Michael Faraday menemukan hubungan antara produk suatu endapan dengan jumlah arus yang digunakan, yaitu:

1. Berat arus logam yang diendapkan (w) pada saat berlangsung proses elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah kuat arus (I) dan waktu (t).
2. Untuk jumlah arus yang sama, berat dari logam yang diendapkan berbanding lurus dengan ekuivalen kimianya.

Hukum I membuktikan terdapat hubungan antara reaksi kimia dan jumlah total listrik yang melalui elektrolit. Menurut Faraday, arus 1 amper mengalir selama 96.496 detik (26,8 jam) membebaskan 1,008 gram hidrogen dan 35,437 gram khlor dari larutan asam klorida dalam bentuk cair. Seperti hasil yang ditunjukkan bahwa 96.496 *coulomb* arus listrik membebaskan satu satuan berat ekuivalen ion positif dan negatif. Oleh sebab itu, 96.496 coulomb atau kira-kira 96.500 *coulomb* yang disebut 1 Faraday sebanding dengan berat 1 elektrokimia. Pernyataan diatas dapat dirumuskan sebagai beikutt.

$$w = \frac{I \cdot t \cdot A}{z \cdot F} \quad (2.1)$$

Keterangan:

- w = massa logam yang diendapkan (gr)
 I = arus yang digunakan (ampere)
 A = berat atom (g/mol)
 z = jumlah elektron valensi.

t = waktu (detik)

F = bilangan Faraday = 96500 (Coulomb/mol)

Dari rumus tersebut, ketebalan deposit dapat diperoleh dengan asumsi deposit sepanjang permukaan seragam (Sanders, 1950). Untuk mengetahui ketebalan deposit maka kita harus mengetahui volume dari logam, dan hubungan tersebut sebagai berikut.

$$\text{Density} = \frac{\text{berat endapan}}{\text{volume}} \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) \quad (2.2)$$

$$\text{Volume} = \frac{\text{berat endapan}}{\text{density}} (\text{cm}^3) \quad (2.3)$$

Ketebalan endapan dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Ketebalan} = \frac{\text{volume}}{\text{luas permukaan}} (\text{cm}) \quad (2.4)$$

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 oleh *electroplating* ini tidak semuanya digunakan untuk pengendapan (deposit) ion logam, namun juga reaksi-reaksi sampingan yaitu: evolusi (pelepasan hidrogen), dan pelepasan kalor pada larutan elektrolit. Perbandingan berat aktual (sebenarnya) dengan secara teoritis, menunjukkan efisiensi arus listrik dan dinyatakan dalam persen yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta_{\text{arus}} = \frac{W_{\text{aktual}}}{W_{\text{teoritis}}} \times 100\% \quad (2.5)$$

Keterangan:

W_{aktual} = berat yang mengendap di katoda

W_{teoritis} = berat menurut hukum Faraday

2.7 Chrome

Chrome adalah sebuah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cr dan nomor atom 24. Kromium merupakan logam tahan korosi (tahan karat) dan dapat dipoles menjadi mengilat. Dengan sifat ini, *chrome* (krom) banyak digunakan sebagai pelapis pada ornamen-ornamen bangunan, komponen otomotif, alat-alat berat, maupun sebagai hiasan (Suarsana, 2008:51). Tabel 2.2 berikut menunjukkan sifat fisik *chrome* sebagai bahan pelapis.

Tabel 2.2 Sifat fisik *chrome*

Lambang	Cr
Nomor Atom	24
Massa atom	52 gr/cm ³
Rapat massa	7,19 gr/cm ³
Suhu lebur	1863°C

Sumber: Surdia (1992:53)

2.7.1 Pelapisan *Hard Chrome*

Proses pelapisan krom keras pada dasarnya sama dengan proses pelapisan dengan listrik yang lain, yaitu dilakukan dalam suatu rangkaian yang sekurang-kurangnya memiliki satu anoda, katoda dan elektrolit.

Aplikasi pelapisan krom cukup luas, baik untuk tujuan dekoratif maupun dipergunakan bagi keperluan aplikasi teknologi. Dari dua macam kepentingan serta keunggulan pelapisan krom, maka dapat dibagi menjadi dua yaitu; *decorative chrome* dan *hard chrome* (Suarsana, 2008: 51)

1. *Decorative chrome*

Krom dekoratif mempunyai ciri lapisan yang tipis, dengan menitik beratkan pada segi tampak rupa yang menarik dan indah, permukaannya halus tanpa noda, tidak mudah pudar, dan menambah daya tahan terhadap korosi. pelapisan ini umumnya logam (benda kerja) terlebih dahulu dilapis dengan tembaga kemudian nikel dan akhirnya krom. Tebal lapisan krom dekoratif berkisar antara 0,25 – 0,5 μm .

2. *Hard Chrome*

Krom keras mempunyai ciri lapisan yang lebih tebal, dan banyak digunakan untuk benda-benda yang karena penggunaannya memerlukan sifat mekanik tertentu. Sifat yang paling penting dalam lapis krom keras adalah kekerasan, daya lekat, daya tahan korosi, dan memiliki koefisien gesek yang rendah. Pada pelapisan krom keras, krom diendapkan pada logam dasar secara langsung tanpa melalui pelapisan perantara. Biasanya lapisan ini lebih tebal dari lapisan krom dekoratif.

2.7.2 Penggunaan Dari Pelapisan *Hard Chrome*

Berbagai macam alat-alat perkakas dilapisi dengan *chrome* untuk meminimalkan aus, mengurangi gesekan, dan untuk meminimalisir proses terjadi korosi. Aplikasi dari proses pelapisan *hard chrome* dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Aplikasi pelapisan *Hard Chrome*

Komponen	Material	Ketebalan (μm)	Waktu Pelapisan
<i>Plastic molds</i>	<i>Tool steel</i>	5-13	30 min
<i>Piston ring</i>	Baja atau besi tuang	150-225	8 jam
<i>Aircraft engine parts</i>	<i>Nikel-based alloys, high strength steel</i>	75-180	10 jam
<i>Micrometers</i>	Baja	7,5-13	20 min
<i>Cutting tools</i>	<i>Tool steel</i>	1,3	5 min
<i>Crankshaft</i>	Baja	255-3800	12 jam
<i>Hydraulics cylinder</i>	Baja 1045	13	40 min

Sumber: ASM Handbook Vol 5 (1994:685)

2.8 Larutan *Plating*

Krom tidak dapat diendapkan langsung dari larutan yang hanya mengandung CrCO_3 dan air saja. Dalam larutan tersebut harus ditambahkan larutan asam yang berfungsi sebagai katalis. Tanpa adanya katalis dalam larutan tersebut pelapisan *hard chrome* tidak akan berhasil sempurna, yang terjadi hanya selaput berwarna pada permukaan benda kerja yang dilapisi. Katalis adalah substansi yang dapat meningkatkan laju reaksi untuk mencapai kesetimbangan tanpa ikut secara permanen dalam reaksi tersebut (Nasikin, 2010:3). Dari pengertian diatas, setidaknya terdapat 2 fungsi dari katalis yaitu:

- Mempercepat reaksi menuju kesetimbangan atau fungsi aktivitas.
- Meningkatkan hasil reaksi yang dikehendaki atau fungsi selektivitas.

Komposisi dan kondisi operasi untuk larutan *chromic acid/sulfat* (larutan konsentrasi rendah dan konsentrasi tinggi) untuk *electroplating hard chrome* diberikan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 *Sulfate bath* untuk larutan *hard chrome*

<i>Sulfate bath</i>	Larutan konsentrasi rendah	Larutan konsentrasi tinggi
<i>Chromic acid</i> (g/l)	250	400
<i>Sulfat</i> (g/l)	2,5	4
Rapat arus (A/dm ²)	31-62	16-54
Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	52-63	43-65

Sumber: Haque (2002:309)

2.9 Mekanisme Reaksi

Dalam bak *plating* ketika proses berlangsung terjadi berbagai reaksi yang akan mempengaruhi kualitas hasil lapisan. Asam kromat dalam larutan asam bak *plating*

berada, kebanyakan sebagai ion dikromat. Pada katoda terjadi tiga reaksi yang berlangsung serentak (Hartomo, 1992:56) yaitu: deposisi krom, pengeluaran hidrogen dan pembentukan Cr (III), reaksinya sebagai berikut:



Pengeluaran hidrogen menyedot 80% sampai 90% daya yang diberikan pada sistem. Hanya 10% saja dipergunakan untuk deposisi krom sesungguhnya. Anoda krom terlarut tidak efisien pada kondisi elektrolisis, apalagi logam krom jauh lebih mahal daripada bentuk CrO_3 maka digunakan anoda tidak terlarut yakni timbal (Pb). Pada anoda terjadi tiga reaksi serentak (Hartomo, 1992:57) yaitu: pengeluaran oksigen, oksidasi ion kromat dan produksi timbal oksida pada anoda, reaksinya sebagai berikut:



Kebanyakan daya diserap untuk pengeluaran oksigen. Akan tetapi, dua reaksi lain amat penting, oksidasi hilang Cr^{3+} pada anoda membantu menyeimbangkan produksinya pada katoda dan menjaga tingkat Cr^{3+} . Semua reaksi diatas berlangsung secara bersamaan dan kondisi temperatur sangat mempengaruhi proses berjalannya reaksi.

Pada saat proses pelapisan logam berlangsung maka akan timbul gelembung-gelembung gas hidrogen (H_2) akibat adanya reaksi pelepasan hidrogen pada katoda. Gas hidrogen yang timbul akan menyebabkan lubang-lubang kecil berupa titik-titik hitam atau buram pada permukaan hasil pelapisan. Hasil ini sering disebut *pitting* yang disebabkan oleh adanya gas hidrogen tersebut selain menjadikan hasil pelapisan tampak buruk, juga menyebabkan kerapuhan pada hasil pelapisan. Sifat rapuh ini akan Nampak bila benda kerja dibengkokkan, maka logam pelapis menjadi patah atau retak. *Pitting* yang berupa lubang-lubang kecil tersebut menjadi jalan bagi berlangsungnya reaksi secara makro.

2.10 Temperatur Pada *Hard Chrome*

Pelapisan secara *electroplating* pada suatu jenis elektrolit terutama pada *hard chrome* dapat dilakukan antara suhu 42-65°C (ASM Handbook, 1994). Hal ini dapat

berpengaruh terhadap kualitas pelapisan *hard chrome* dari kekerasan dan ukuran butiran (Barbato, 2008).

Pada umumnya jika kita menggunakan arus listrik yang lebih besar maka hal ini harus diimbangi dengan pemakaian temperatur elektrolit yang lebih tinggi pula. Adapun keuntungan yang kita peroleh jika menaikkan temperatur adalah:

1. Suplai ion ke katoda akan dipercepat, jadi efek negatif dari kekurangan ion dapat dicegah.
2. Batas rapat arus dapat dinaikkan sehingga kemungkinan terjadinya hidrogen *overvoltage* dapat dihindari.

Sedangkan kelemahannya adalah jika menaikkan temperatur terlalu tinggi maka akan menaikkan laju pertumbuhan nuclei. Jika laju pertumbuhan nuclei tinggi maka akan menghasilkan butiran deposit yang lebih kasar.

Temperatur larutan akan berpengaruh pada laju difusi ion-ion ke katoda. Apabila temperatur meningkat maka akan meningkatkan laju difusi ion ke katoda sehingga dapat mencegah pembentukan deposit dengan struktur yang kasar. Struktur deposit yang kasar akan berpengaruh pada sifat-sifat dari lapisan hasil *electroplating* terutama ketahanan terhadap gesekan dan kekasaran permukaan. Maka daripada itu temperatur pada proses *electroplating* harus dijaga tetap konstan dengan menggunakan *thermocontrol*.

2.11 Energi Aktivasi

Energi aktivasi merupakan energi yang dibutuhkan dan harus dimiliki oleh zat-zat yang bereaksi untuk membentuk keadaan transisi. Selama perubahan kimia molekul-molekul yang bereaksi akan terus tumbuh ketika molekul-molekul tersebut bergerak secara acak. Tetapi untuk banyak reaksi eksoterm tidak serta merta, pada temperatur kamar kebanyakan molekul sekedar terpental setelah bertabrakan tanpa beraksi. Misalnya dalam suatu campuran hidrogen dan oksigen pada temperatur kamar, molekul-molekul berulang-ulang bertabrakan satu sama lain dan terpental tanpa perubahan, tetapi jika ditambahkan kedalam wadah, molekul-molekul akan memperoleh cukup energi untuk bereaksi bila mereka bertabrakan. Besarnya laju reaksi dapat dicari dengan menggunakan persamaan Arrhenius yang menghubungkan antara temperatur (T), dengan energi aktivasi

$$Ea = -RT \ln \left(\frac{k}{A} \right) \quad (2.6)$$

Keterangan:

Ea = Energi aktivasi

R = Tetapan fluida universal = $0.0821 \text{ atm/mol}^\circ\text{K} = 8,314 \text{ J/mol}^\circ\text{K}$

T = Temperatur reaksi ($^\circ\text{K}$)

A = Faktor frekuensi dari reaksi

K = Konstanta laju reaksi

2.12 Konduktivitas Listrik Elektrolit

Konduktivitas listrik larutan adalah kemampuan larutan untuk menyalurkan arus listrik. Besar arus listrik yang mengalir pada elektrolit dipengaruhi oleh beda potensial yang diberikan kepada elektroda dan tahanan dari larutan. Konduktivitas Listrik berbanding terbalik dengan resistansi atau hambatan listrik dari larutan. Besarnya hambatan pada elektrolit dipengaruhi oleh tahanan jenis (*specific resistance*), jarak elektroda, dan luas permukaan elektroda yang dirumuskan sebagai berikut (Parthasaradhy. 1998 :17) :

$$R = \frac{ql}{\alpha} \quad (2.7)$$

Dimana :

R = Resistansi (Ohm)

q = Tahanan Jenis (Ohm.cm)

l = Jarak Elektroda (cm)

α = Luas Permukaan (cm^2)

Nilai hambatan jenis larutan elektrolit dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Hambatan Jenis Larutan Elektrolit

Plating bath	Resistivity (Ohm.cm)
Acid copper	5,6
Rochelle copper	14,3
High efficiency nacd-copper	6,8
High efficiency kcn-copper	5,9
Watts nickel	19,5
Chromium (standar surface type)	2,0
Cyanide zinc	7,7
Acid zinc	21,0
Cyanide cadmium	7,3

Plating bath	Resistivity (Ohm.cm)
<i>Alkaline tin</i>	16,2
<i>Brass (cyanide type)</i>	12,4
<i>Alkaline cleaner</i>	19,0

Sumber: Parthasarady (1988:18)

Sedangkan konduktansi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C = \frac{K \cdot \alpha}{l} \quad (2.8)$$

Keterangan:

C = Konduktansi listrik (siemens)

K = Konduktansi spesifik (siemens/cm)

α = luasan elektroda (cm²)

l = Jarak anoda dan katoda (cm)

untuk meningkatkan konduktivitas elektrolit dapat ditempuh beberapa cara sebagai berikut:

1. Meningkatkan konduktivitas spesifik elektrolit dengan penambahan garam atau asam.
2. Meningkatkan luasan area kontak elektroda, misalnya dengan penambahan anoda.
3. Mengurangi jarak anoda dan katoda dengan mendekatkannya sedekat mungkin.
4. Meningkatkan temperatur elektrolit.
5. Konduktivitas larutan dibentuk oleh jumlah ion (dimana jumlah ion tergantung pada konsentrasi elektrolit yang dipakai) dan kecepatan ion berpindah atau berimigrasi karena pengaruh tegangan listrik yang dipakai. Makin cepat ion bergerak, konduktivitas larutan juga semakin besar. Elektrolit menunjukkan peningkatan konduktivitas larutan dengan peningkatan temperatur, suatu sifat yang menunjukkan pergerakan ion yang besar. Peningkatan 20°C pada bak *plating* dapat meningkatkan konduktivitas sekitar 1 % (Parthasaradhy, 1989:17).

2.13 Reaksi Redoks

Reaksi redoks adalah reaksi kimia yang melibatkan reaksi oksidasi (peningkatan bilangan oksidasi) dan reduksi (penurunan bilangan oksidasi) yang terjadi secara serentak dalam suatu sel elektrokimia (Parthasaradhy, 1989:25). Reaksi oksidasi adalah suatu perubahan kimia dimana suatu zat melepaskan 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 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 elektroda relatif yang dibandingkan terhadap suatu elektroda standar. Itulah sebabnya harga potensial elektroda adalah elektroda hidrogen. Cara memperolehnya dengan mengalirkan gas hidrogen murni pada elektroda platina (Pt) yang bersentuhan dengan asam (ion H^+). Sehingga terjadi kesetimbangan:



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 Potensial Elektroda Standar yaitu:

Tabel 2.6 Potensial Elektroda Standar

Reaksi	Reduksi	Logam	E^0 (volt)
K^+	$+ e^-$	K	-2,92
Ba^{2+}	$+ 2 e^-$	Ba	-2,90
Ca^{2+}	$+ 2 e^-$	Ca	-2,87
Na^+	$+ e^-$	Na	-2,71
Mg^{2+}	$+ 2 e^-$	Mg	-2,37
Al^{3+}	$+ 3 e^-$	Al	-1,66
Mn^{2+}	$+ 2 e^-$	Mn	-1,18
$2 H_2O$	$+ 2 e^-$	$H_2 + 2 OH^-$	-0,83
Zn^{2+}	$+ 2 e^-$	Zn	-0,76
Cr^{3+}	$+ 3 e^-$	Cr	-0,71
Fe^{2+}	$+ 2 e^-$	Fe	-0,44
Cd^{2+}	$+ 2 e^-$	Cd	-0,40
Co^{2+}	$+ 2 e^-$	Co	-0,28
Ni^{2+}	$+ 2 e^-$	Ni	-0,25
Sn^{2+}	$+ 2 e^-$	Sn	-0,14
Pb^{2+}	$+ 2 e^-$	Pb	-0,13
$2 H^+$	$+ 2 e^-$	H_2	0,00
Sn^{4+}	$+ 2 e^-$	Sn^{2+}	+0,13
Bi^{3+}	$+ 3 e^-$	Bi	+0,30
Cu^{2+}	$+ 2 e^-$	Cu	+0,34
Ag^+	$+ e^-$	Ag	+0,80
Pt^{2+}	$+ 2 e^-$	Pt	+1,20
Au^{3+}	$+ 3 e^-$	Au	+1,50

Sumber: Anonymous 3, 2012

2.14 Proses Pembentukan Logam Pelapis pada Proses *Electroplating*

Pada proses pengendapan, ion logam bersama ion lainnya melekatkan diri ke beberapa kedudukan (lokasi) tertentu, membentuk ikatan dengan permukaan katoda dan sebagian muatan ternetralisasi. Ion ini menyebar ke permukaan logam yang dilapisi, dan tumbuh mengisi cacat-cacat, serta tumbuh secara lateral sampai akhirnya kisi-kisinya saling dilapisi sehingga membentuk batas butir dan terus tumbuh sehingga deposit (logam pelapis) semakin tebal. (Hartomo, 1992:32)

2.15 *Throwing Power*

Hasil *electroplating* sangatlah diinginkan untuk mendapatkan permukaan yang halus dan ketebalan yang merata pada seluruh luasan benda ketia. Kemanapun larutan penyalur (elektrolit) untuk menghasilkan ketebalan yang merata pada permukaan katoda dengan bervariasi jarak antara katoda-anoda disebut *throwing power* yang biasanya dinyatakan dengan prosentase (%).

Larutan asam kromat mempunyai angka *throwing power* yang tidak baik. Oleh karena itu, jarak antara katoda-anoda sangat mempengaruhi hasil dari pelapisan *chromium*. Besarnya *throwing power* dapat diuji dengan *Haring-Blurm Cells* seperti pada gambar 2.2. Dua katoda diletakkan dengan jarak yang berbeda dari anoda, kemudian dilakukan *electroplating*. Berat endapan logam dapat dinyatakan dengan W_1 dan W_2 , jarak masing-masing katoda dengan anoda dinyatakan dengan X_1 dan X_2 . Besarnya angka *throwing power* ditentukan dengan rumus yang diusulkan oleh Field berikut ini:

$$\% \text{ Throwing Power} = \frac{100(K-B)}{K+B-2} \quad (2.9)$$

Keterangan:

$$K : \frac{X_1}{X_2}$$

X_1 : Jarak katoda 1 dengan anoda

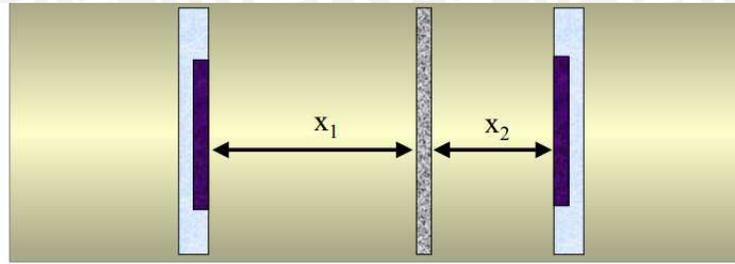
X_2 : Jarak katoda 2 dengan anoda

$$B : \frac{W_1}{W_2}$$

W_1 : Berat endapan logam di katoda 1

W_2 : Berat endapan logam di katoda 2

Skema *Haring Blum Cell* dapat dilihat pada gambar 2.2.



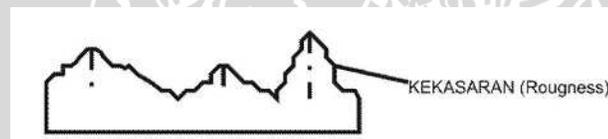
Gambar 2.2 Skema *Haring Blum Cell*
Sumber: Rahardjo, 20:2010

2.16 Kekasaran permukaan

Kekasaran permukaan merupakan ketidakaturan konfigurasi permukaan yang bisa berupa guratan atau kawah kecil pada permukaan. Ketidakaturan konfigurasi suatu permukaan bila ditinjau dari profilnya dapat diuraikan menjadi beberapa macam diantaranya:

1. Kekasaran / *roughness (Micro roughness)*

Bentuk naik turunnya permukaan dari pendeknya gelombang yang ditandai seperti bukit dan lembah dengan bermacam-macam jarak dan amplitudo.



Gambar 2.3 Kekasaran Permukaan
Sumber: *Anonymous 4 (2012:225)*

2. Gelombang / *waviness (macroroughness)*

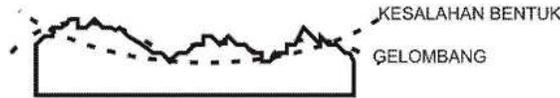
Ketidakaturan periodik dengan panjang gelombang yang jelas lebih besar daripada kedalamannya.



Gambar 2.4 Gelombang / *waviness*
Sumber: *Anonymous 4 (2012:225)*

3. Kesalahan bentuk (*error of form*)

Ketidakaturan makrogeometri, penyimpangan pada kekasaran dan *waviness*, yang disebabkan terutama oleh kesalahan pada proses permesinan, dan deformasi akibat stress pola komponen



Gambar 2.5 Kesalahan bentuk (*error of form*)
Sumber: *Anonymous 4* (2012:225)

2.16.1 Profil Permukaan

1. Profil geometri ideal

Profil ini merupakan profil dari geometris permukaan yang ideal yang tidak mungkin diperoleh dikarenakan banyaknya faktor yang mempengaruhi dalam proses pembuatannya. Bentuk dari profil geometris ideal ini dapat berupa garis lurus, lingkaran, dan garis lengkung.

2. Profil Referensi

Profil ini digunakan sebagai dasar dalam menganalisis karakteristik dari suatu permukaan. Bentuknya sama dengan bentuk profil geometris ideal, tetapi tepat menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur pada panjang sampel yang diambil dalam pengukuran.

3. Profil Terukur

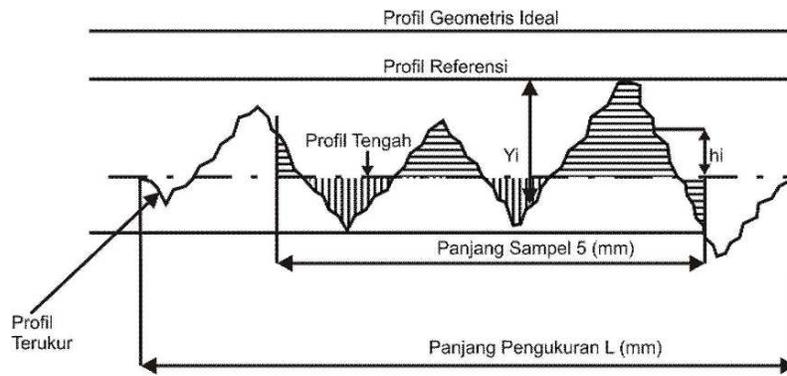
Profil terukur adalah profil dari suatu permukaan yang diperoleh melalui proses pengukuran. Profil inilah yang dijadikan sebagai data untuk menganalisis karakteristik kekasaran permukaan produk pemesinan.

4. Profil Dasar

Profil dasar adalah profil referensi yang digeserkan kebawah hingga tepat pada titik paling rendah pada profil terukur.

5. Profil Tengah

Profil tengah adalah profil yang berada di tengah-tengah dengan posisi sedemikian rupa sehingga jumlah luas bagian atas profil tengah sampai pada profil terukur sama dengan jumlah luas bagian bawah profil tengah sampai pada profil terukur. Profil tengah ini sebetulnya merupakan profil referensi yang digeserkan kebawah dengan arah tegak lurus terhadap profil geometris ideal sampai pada batas tertentu yang membagi luas penampang permukaan menjadi dua bagian yang sama yaitu atas dan bawah. Untuk lebih memperjelas dimana posisi dari profil geometris ideal, profil terukur, profil referensi, profil dasar, dan profil tengah, dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut ini.



Gambar 2.6 Profil suatu permukaan
Sumber: *Anonymous 4 (2012:227)*

sedangkan angka kekasaran permukaan *roughness number* dan panjang *sample* standar diklasifikasikan menjadi 12 angka kelas tabel 2.7 dibawah ini:

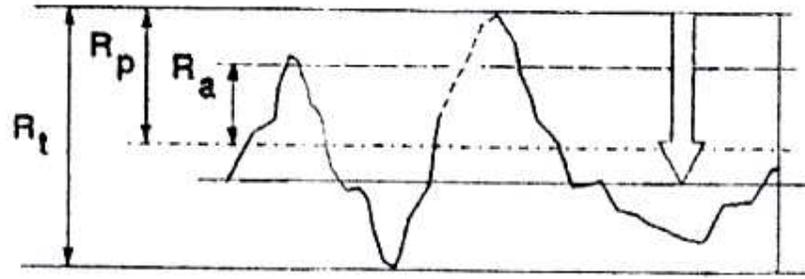
Tabel 2.7 Angka Kekasaran menurut DIN 4763:1981

Harga kekasaran Ra (μm)	Angka kelas kekasaran	Panjang sample (μm)
50	N12	8
25	N11	
12.5	N10	2.5
6.3	N9	
3.2	N8	0.8
1.6	N7	
0.8	N6	
0.4	N5	
0.2	N4	0.25
0.1	N3	
0.05	N2	
0.025	N1	0.08

Sumber: Atedi, 2005:142

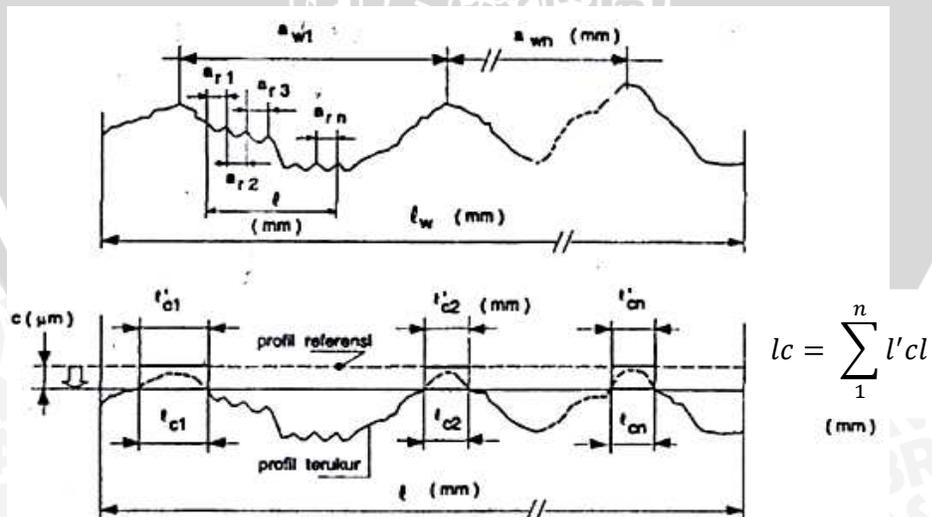
2.16.2 Parameter Permukaan

- Untuk analisa profil arah tegak
 - a. Kekasaran total (*peak to valley height / total height*), R_t adalah jarak profil referensi dan profil dasar.
 - b. Kekasaran perataan (*depth of surface smoothness/peak to mean linear*), R_p adalah jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil terukur. R_p ini juga sama dengan jarak antara profil referensi dengan profil tengah.
 - c. Kekasaran aritmetris (*mean roughness index / centerline average*), R_a adalah harga rata-rata aritmetis dari harga absolut jarak antara profil terukur dengan profil tengah.



Gambar 2.7 Analisa profil dalam bentuk tegak
 Sumber: *Anonymous 4 (2012:230)*

- Untuk analisa arah memanjang
 - a. Lebar gelombang (*waveness width*), A_w adalah rata-rata aritmetris dari semua jarak a_{w1} diantara dua buah puncak gelombang (dari profil terukur) yang berdekatan pada suatu panjang sampel l_w .
 - b. Lebar kekasaran (*roughness width*), A_r adalah harga rata-rata aritmetris dari semua jarak a_{r1} diantara dua puncak kekasaran (dari profil terukur) yang berdekatan pada suatu sampel l .
 - c. Panjang penahan (*bearing length*), l_t adalah profil referensi digeserkan kebawah sejauh c maka akan memotong profil terukur sepanjang l'_{c1} , l'_{c2} , l'_{cn} . Profil permukaan dengan arah memanjang dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Analisa profil terukur dengan arah memanjang
 Sumber: *Anonymous 4 (2012:230)*

2.17 Uji Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran permukaan menggunakan prinsip tribologi yaitu bahwa permukaan benda padat mempunyai profil yang tidak rata (tonjolan, puncak, dan lembah yang dapat diukur.

Sebelum melakukan pengujian alat uji harus di kalibrasi terlebih dahulu agar mendapatkan hasil yang maksimal, jarum peraba (*sylus*) dari alat ukur halus digerakkan mengikuti lintasan profil permukaan yang berupa garis lurus dengan jarak yang telah ditentukan terlebih dahulu, sesaat setelah jarum bergerak dan sesaat sebelum jarum berhenti maka secara elektronis alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang dideteksi oleh jarum peraba. Profil permukaan apabila diukur memberikan amplitudo dan dengan tribologi diperoleh harga aritmetis rata-rata (R_a). Didalam pengukuran kecepatan *stylus* (*down speed*) dan jarak lintasan *sylus* ditentukan lebih dahulu sebelum alat dioperasikan.

2.18 Hipotesa

Besarnya temperatur dan jarak elektroda berpengaruh terhadap konduktivitas listrik dari larutan elektrolit dimana hal ini akan mempengaruhi kemampuan ion-ion krom untuk berdeposisi menuju ke permukaan katoda. Sehingga semakin tinggi temperatur larutan elektrolit maka kekasaran permukaan lapisan permukaan *hardchrome* akan menurun, sedangkan semakin dekat jarak elektroda kekasaran permukaan lapisan *hard chrome* juga akan semakin menurun.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur elektrolit dan jarak elektroda terhadap kekasaran permukaan lapisan *hard chrome*. Dengan asumsi variabel lain konstan. Kajian literatur dari berbagai sumber baik dari buku, jurnal yang ada di perpustakaan maupun dari internet juga dilakukan untuk menambah informasi yang diperlukan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Tempat yang digunakan untuk melakukan penelitian yang akan dilakukan pada 7 s/d 27 Mei 2012 adalah:

- Laboratorium Perlakuan Bahan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang
- Laboratorium Metrologi Industri Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya
- Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan adalah :

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian. Besar variabel bebas divariasikan untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan yaitu:

- a. Temperatur larutan elektrolit 45, 55, dan 65°C.
- b. Jarak elektroda yang digunakan: 4,8, dan 12 cm.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya bergantung dari variabel bebas.

- a. Kekasaran permukaan hasil *hard chrome*.

3. Variabel Kontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya dikonstantakan. Dalam hal ini yang menjadi variabel terkontrol adalah :

- a. Spesimen uji adalah baja karbon rendah AISI 1025.

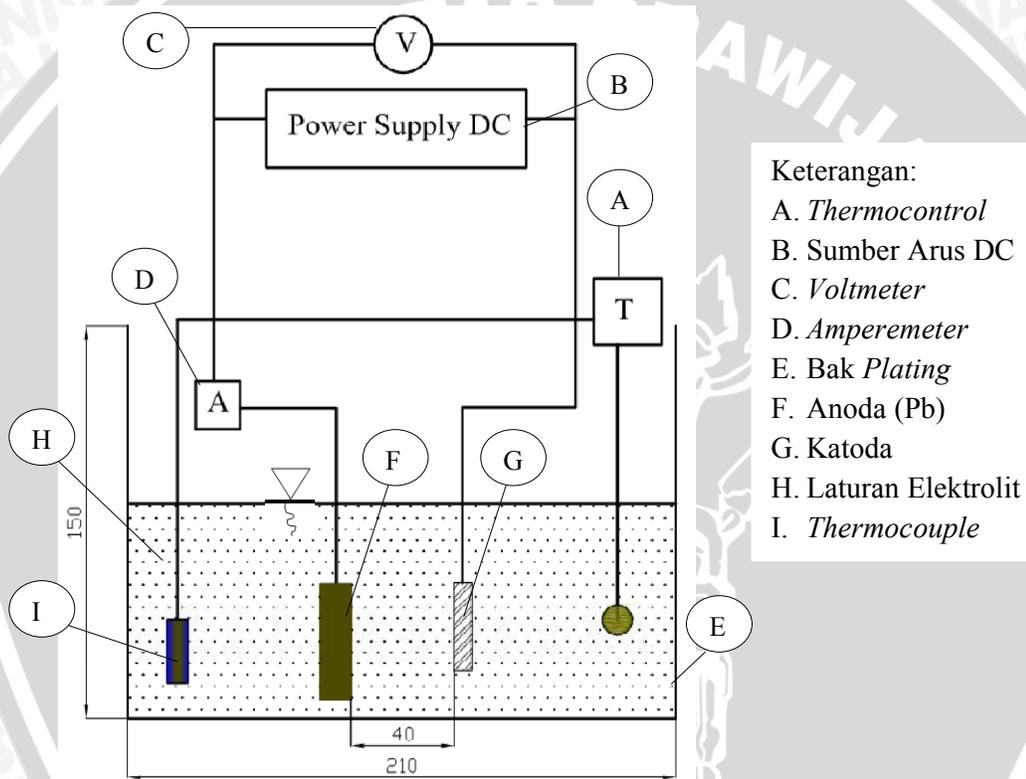
- b. Rapat arus yang digunakan yaitu 60 A/dm^2 .
- c. Waktu Pelapisan 45 menit.
- d. Konsentrasi larutan $250\text{g/l chromium trioksida (CrO}_3\text{)}$, serta $2,5\text{g/l asam sulfat (H}_2\text{SO}_4\text{)}$.

3.4 Peralatan dan Bahan yang Digunakan

3.4.1 Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Instalasi *electroplating*



- Keterangan:
- A. Thermocontrol
 - B. Sumber Arus DC
 - C. Voltmeter
 - D. Amperemeter
 - E. Bak Plating
 - F. Anoda (Pb)
 - G. Katoda
 - H. Larutan Elektrolit
 - I. Thermocouple

Gambar 3.1 Instalasi *electroplating*

2. Centrifugal Sand Paper Machine

Digunakan untuk mengampelas spesimen untuk menghasilkan permukaan yang halus.



Gambar 3.2 *Centrifugal Sand Paper Machine*

Spesifikasi :

Merk	: Saphir
Buatan	: Jerman
Diameter	: 15 cm
Putaran	: 120 rpm
Dimensi	: 650 x 550 x 240 mm

3. *Surface Grinding Machine*

Digunakan untuk menghasilkan permukaan yang rata pada semua permukaan.



Gambar 3.3 *Surface Grinding Machine*

Spesifikasi:

<i>Dimensi Working Surface</i>	: 320 x 1500 mm
Maksimal Peletakan Benda kerja	: 1500 x 360 x 400 mm
Dimensi	: 2500 x 1500 x 2000 mm
<i>Main motor power</i>	: 13 kW
<i>Type of control</i>	: <i>Hydromechanical</i>
<i>Rapid traverse speed – vertikal</i>	: 0,4 m/min
<i>Rapid traverse speed – cross</i>	: 3 m/min

4. *Power Hacksaw*

Digunakan untuk memotong spesimen dalam dimensi tertentu.



Gambar 3.4 Power Hacksaw

Spesifikasi:

Merk : *Dong Jin Hack Sawing Machine*

Motor : 400V x 0.4 kW x 4P

Type : SM-180

Cool Pump : Flow 2L/min

Berat Total : 160 kg

Dimensi : 1000 x 450 x 750 mm

5. Surface Roughness SJ 301

Digunakan untuk mengetahui nilai kekasaran dari suatu material ataupun suatu produk.



Gambar 3.5 Surface Roughness SJ 301

Spesifikasi:

Measuring range : X Axis (12,5 mm) and Z Axis (350 μ m)

Measuring speed : 0,25, 0,5 m/s

Stylus tip material : Diamond

Dimensi : 325 x 185 x 95 mm

6. Stop watch

Digunakan untuk mengetahui lama waktu pelapisan *hard chrome*.



Gambar 3.6 Stopwatch

7. Bak perendaman

Digunakan untuk merendam spesimen pada proses *pickling* maupun *electroplating hard chrome*.



Gambar 3.7 Bak Elektrolisis

8. Micro Hardness Tester

Digunakan untuk foto mikro lapisan *hard chrome*



Gambar 3.8 Micro Hardness Tester

Spesifikasi:

Merk : Digital Micro Vickers Hardness Tester TH712

Pembesaran : 100 × dan 400 ×

Testing Field : 1HV—2967HV

Max. ketinggian spesimen : 70 mm

Max. lebar spesimen : 95 mm

Dimensi : 425 x 245 x 490 mm

9. Tang dan Kawat

Digunakan untuk merangkai spesimen.

10. Sarung tangan

Digunakan untuk melindungi tangan dari cairan elektrolit.

11. *Heater*

Digunakan untuk memanaskan cairan elektrolit.

12. Gelas Kimia

Digunakan untuk mengukur volume larutan elektrolit.

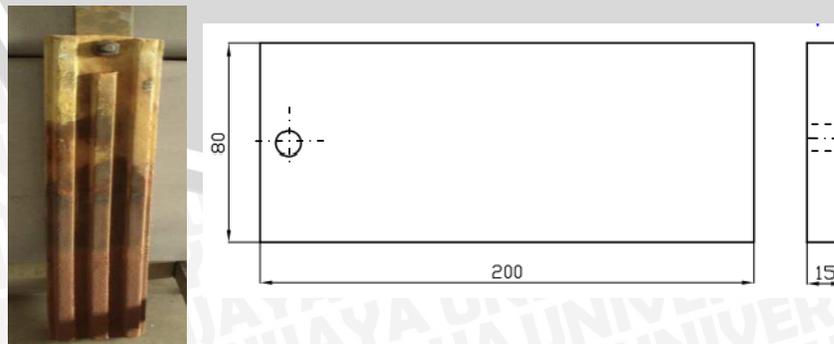
3.4.2 Bahan yang digunakan

1. Material yang digunakan sebagai spesimen uji dalam penelitian ini adalah baja AISI 1025 dengan komposisi sebagai berikut:

Tabel 3.1 Komposisi Baja AISI 1025

No.	Unsur	Prosentase (%)
1	Besi (Fe)	98,56
2	Karbon (C)	0,255
3	Mangan (Mn)	0,40
4	Pospor (P)	0,017
5	Sulfur (S)	0,02
6	Copper (Cu)	0.144

2. Anoda yang digunakan adalah Timbal (Pb).



Gambar 3.9 Anoda Timbal (Pb)

- 3. Larutan kimia 250g/l *chromium trioksida* (CrO_3) dan Larutan kimia 2,5g/l asam sulfat (H_2SO_4).



Gambar 3.10 Larutan Elektrolit

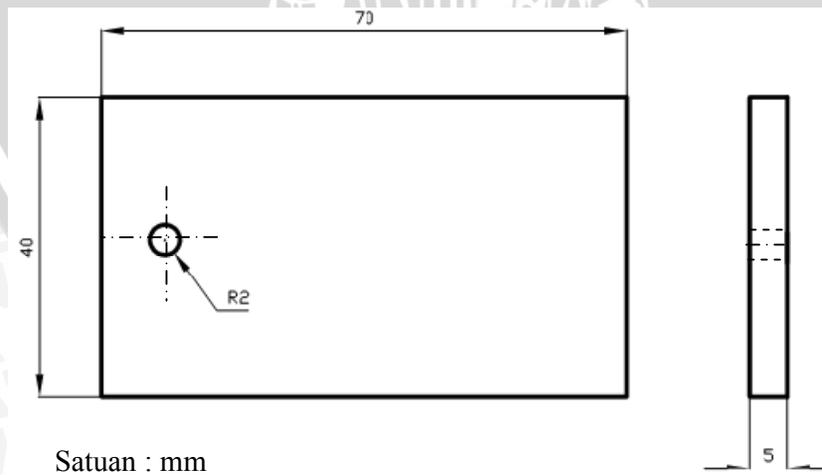
- 4. Larutan H_2SO_4 10%



Gambar 3.11 Larutan *Pickling* Asam

- 5. Aquades

3.5 Dimensi Benda Kerja



Gambar 3.12 Dimensi Spesimen

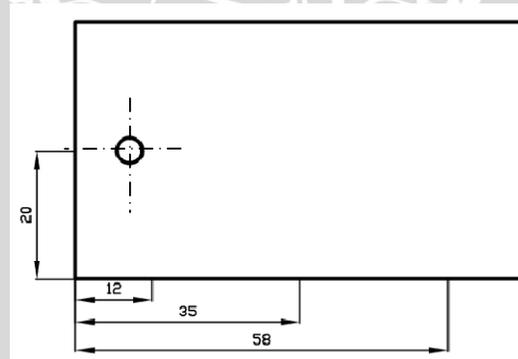
3.6 Prosedur Penelitian

1. Persiapan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.
2. Memotong spesimen sesuai dengan bentuk dan ukuran yang telah ditentukan.
3. Membilas benda kerja dengan air untuk menghilangkan kotoran yang menempel lalu benda kerja dikeringkan.
4. Melakukan proses pembersihan benda kerja menggunakan *centrifugal sand paper machines*.
5. Melakukan proses *grinding* untuk menghasilkan permukaan yang rata dan sama kekasarnya dengan menggunakan *surface grinding machine*.
6. Melakukan proses pembersihan minyak dengan menggunakan sabun atau larutan basa. Kemudian dibilas dengan air bersih dan dikeringkan.
7. Melakukan *pickling* asam dengan cara mencelupkan benda kerja kedalam larutan H_2SO_4 10% selama 10 menit dengan temperatur 60-80°C.
8. Setelah dilakukan *pickling* benda kerja dibersihkan dengan air temperatur ruang dan dikeringkan.
9. Menyiapkan larutan elektrolit dan peralatan untuk proses *electroplating hard chrome* menggunakan campuran *chromium trioksida* (CrO_3) 250g/l, serta katalis asam sulfat 2,5 g/l ke dalam bak pelapisan dengan cara memanaskan aquades sebanyak 500 ml pada suhu 50°C kemudian ditambahkan 250g *chromium trioksida* dalam bentuk kristal, setelah itu diaduk hingga rata dengan disertai penambahan aquades sebanyak 500 ml dan penambahan asam sulfat sebanyak 2,5g.
10. Memanaskan larutan elektrolit sesuai dengan variasi yang ditentukan dan dijaga agar tetap konstan dengan mengamati *thermocontrol*.
11. Mengatur jarak anoda dan katoda sejauh variasi yang ditentukan.
12. Mengatur arus yang ditentukan dengan menghitung dari rapat arus yang diinginkan.
13. Dilakukan proses pelapisan *hard chrome* dengan waktu 45 menit.
14. Benda kerja dikeluarkan dan dilakukan pembilasan dan pengeringan.
15. Dilakukan pengujian kekasaran setelah pelapisan.
16. Dilakukan pembahasan hubungan dan penarikan kesimpulan.

3.7 Pengukuran Kekasaran Permukaan

Pengukuran kekasaran permukaan dari lapisan *hard chrome* yang telah dilapiskan secara *electroplating* pada benda kerja, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Siapkan alat ukur *Surface Roughness* SJ 301.
2. Benda Kerja yang diukur dibersihkan terlebih dahulu dengan kain bersih.
3. Letakkan benda kerja dan alat ukur diatas meja perata.
4. Menyalakan alat ukur dengan menekan tombol on/off disebelah kanan alat sebelumnya pastikan dahulu AC adaptor terhubung pada alat ukur.
5. Set up alat ukur kekasaran permukaan dengan parameter Ra, Rz, dan Rq dengan panjang sampel ($\lambda = 0.8$).
6. Melakukan kalibrasi dengan cara melakukan pengukuran sampel standar yang sudah diketahui kekasarannya yang diletakkan pada box alat.
7. Apabila kalibrasi pada alat telah selesai dilakukan dan sesuai dengan standarnya maka alat ukur telah siap digunakan dengan cara ditempelkan pada benda kerja lalu menekan tombol start/ stop, maka sensor *stylus* akan mulai mengukur.
8. Mencatat nilai kekasaran yang tertera pada layar *display*.
9. Ulangi pengukuran kekasaran 3x setiap spesimen.



Gambar 3.13 Posisi pengujian

3.8 Rancangan Penelitian

Dalam percobaan ini akan diteliti pengaruh variasi temperatur elektrolit dan jarak elektroda terhadap kekasaran permukaan lapisan *hard chrome*. Dimana variabel jarak elektroda tiga level dan temperatur elektrolit tiga level, maka dalam penelitian ini digunakan model analisa dua arah interaksi. Ulangan sebanyak tiga kali sehingga secara keseluruhan diperlukan sampel untuk dianalisis.

Pengamatan data dimasukkan dalam tabel 3.2 berikut:

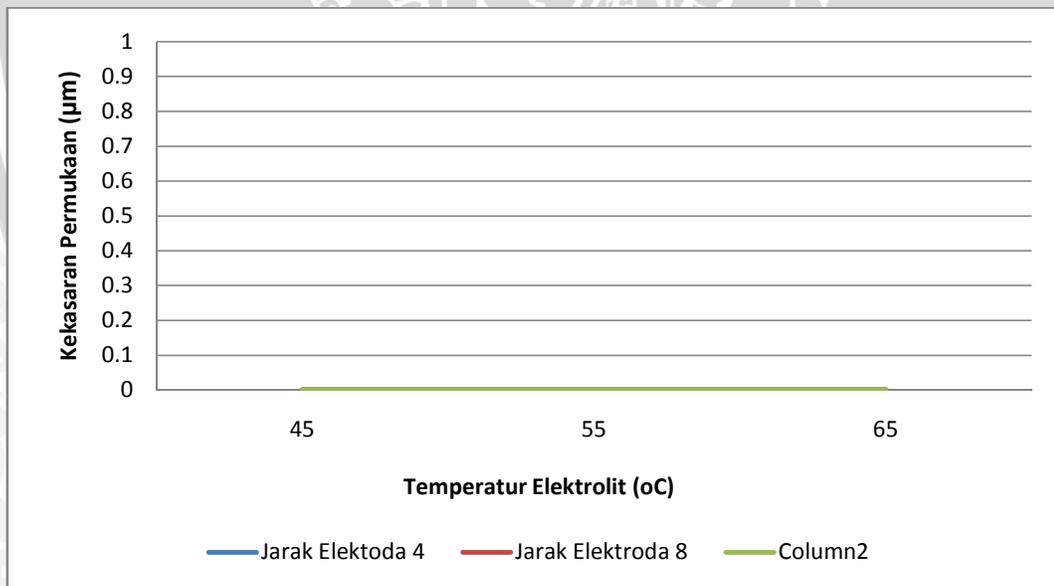
Tabel 3.2 Rancangan penelitian tabel hasil uji kekasaran permukaan (μm)

Temperatur Elektrolit ($^{\circ}\text{C}$)	Ulangan	Jarak Elektroda (cm)		
		B ₁ (4)	B ₂ (8)	B ₃ (12)
A ₁ (45)	1	X ₁₁₁	X ₁₂₁	X ₁₃₁
	2	X ₁₁₂	X ₁₂₂	X ₁₃₂
	3	X ₁₁₃	X ₁₂₃	X ₁₃₃
A ₂ (55)	1	X ₂₁₁	X ₂₂₁	X ₂₃₁
	2	X ₂₁₂	X ₂₂₂	X ₂₃₂
	3	X ₂₁₃	X ₂₂₃	X ₂₃₃
A ₃ (65)	1	X ₃₁₁	X ₃₂₁	X ₃₃₁
	2	X ₃₁₂	X ₃₂₂	X ₃₃₂
	3	X ₃₁₃	X ₃₂₃	X ₃₃₃

Keterangan:

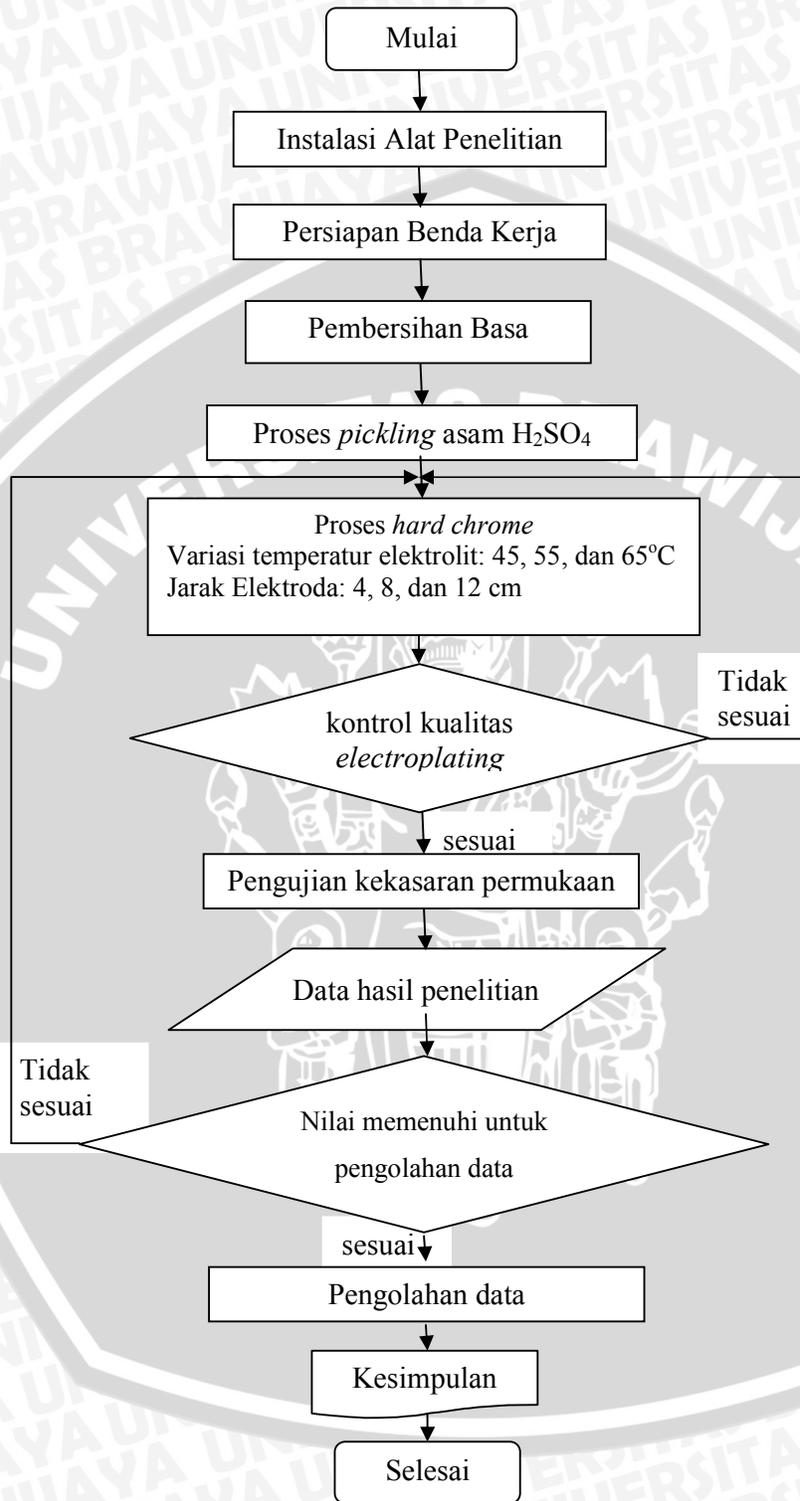
X = Kekasaran Permukaan

X_{ijk} = Data Kekasaran permukaan pada variasi temperatur elektrolit ke-i dan jarak elektroda ke-j serta ulangan ke-k



Gambar 3.14 Rancangan Grafik Hasil Penelitian

3.9 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.15 Diagram Alir Penelitian

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan

Tabel 4.1 Data Nilai Kekasaran Permukaan (μm)

Temperatur Elektrolit ($^{\circ}\text{C}$)	Ulangan	Jarak Elektroda (cm)		
		B ₁ (4)	B ₂ (8)	B ₃ (12)
A ₁ (45)	1	0.57	0.78	0.85
		0.56	0.76	0.86
		0.6	0.79	0.85
	2	0.73	0.68	0.77
		0.68	0.7	0.77
		0.7	0.71	0.79
	3	0.68	0.79	0.78
		0.65	0.85	0.79
		0.69	0.84	0.8
A ₂ (55)	1	0.55	0.63	0.75
		0.52	0.6	0.7
		0.53	0.61	0.71
	2	0.64	0.64	0.7
		0.61	0.58	0.69
		0.66	0.65	0.69
	3	0.58	0.62	0.68
		0.57	0.58	0.7
		0.61	0.64	0.73
A ₃ (65)	1	0.47	0.56	0.64
		0.46	0.53	0.64
		0.54	0.58	0.7
	2	0.49	0.57	0.64
		0.52	0.55	0.63
		0.48	0.57	0.67
	3	0.48	0.57	0.67
		0.52	0.56	0.6
		0.49	0.6	0.66

Pengambilan data kekasaran permukaan hasil *hard chrome*, dilakukan pengambilan pengukuran dengan alat ukur kekasaran permukaan yaitu *surface roughness SJ 301*.



Gambar 4.1 Spesimen tanpa perlakuan dan setelah *hard chrome*

Gambar benda kerja ditunjukkan pada gambar 4.1 dimana dilakukan pengulangan tiga kali tiap spesimen guna mempertinggi tingkat ketelitian data pengukuran yang diperoleh, kemudian data tersebut diambil rata-ratanya.

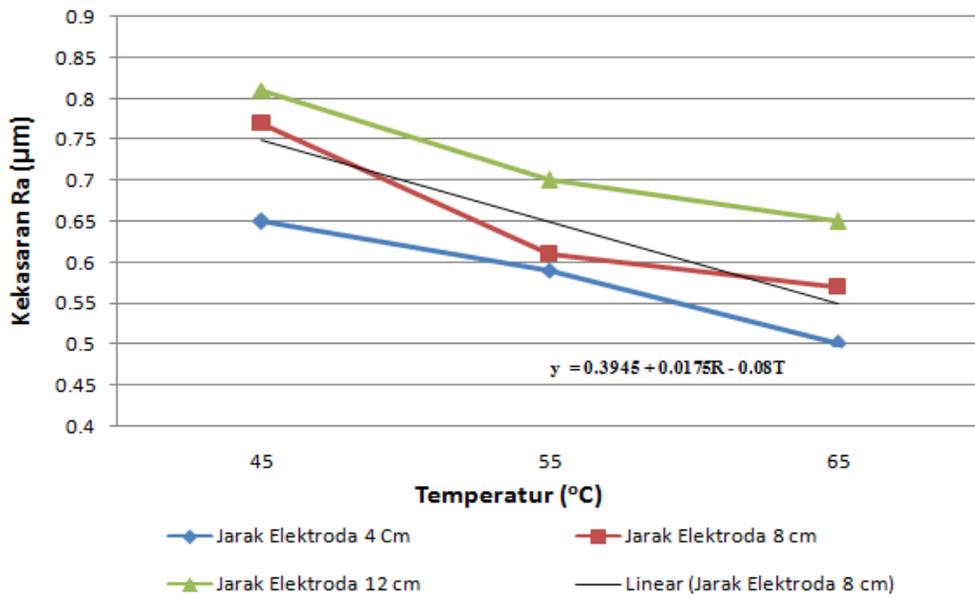
4.2 Analisa Grafik

Dari data tabel 4.1 lalu dihitung rata-rata kekasaran permukaan pada tiap spesimen yang dijelaskan pada tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Tabel rata-rata kekasaran permukaan (μm)

Temperatur Elektrolit ($^{\circ}\text{C}$)	Jarak Elektroda (cm)		
	4	8	12
45	0.65	0.77	0.81
55	0.59	0.61	0.7
65	0.5	0.57	0.65

Dari tabel 4.2 maka didapatkan grafik hubungan antara temperatur elektrolit dan jarak elektroda terhadap kekasaran permukaan pada hasil pelapisan *hard chrome*.



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara temperatur elektrolit dan jarak elektroda terhadap kekasaran permukaan hasil *hard chrome*

Persamaan Untuk Grafik Hubungan Antara Kekasaran (K) dengan Temperatur (T) 45°C pada Jarak Elektroda (R) didapatkan dengan persamaan *mathematic* seperti dibawah ini:

$$K = F (T,R)$$

$$K = F (T) \rightarrow K = a - bT$$

$$K = F (R) \rightarrow K = cR + d$$

- Subtitusi dengan nilai K, T dan R untuk jarak elektroda 4 cm

$$0.5 = a - b(45)$$

$$0.5 = 4c + d \quad +$$

$$1 = (a + d) + 4c - 45b \quad (1)$$

- Subtitusi dengan nilai K, T dan R untuk jarak elektroda 8 cm

$$0.57 = a - b(45)$$

$$0.57 = 8c + d \quad +$$

$$1.14 = (a + d) + 8c - 45b \quad (2)$$

- Eliminasi (1) dan (2)

$$1 = (a + d) + 4c - 45b$$

$$1.14 = (a + d) + 8c - 45b \quad -$$

$$-0,14 = -4c$$

$$c = 0.035 \quad (3)$$

- Substitusi (3) ke (2)

$$1.14 = (a+d) + 8(0.035) - 45b$$

$$1.14 = (a+d) + 0.28 - 45b$$

$$0.86 = (a+d) - 45b$$

$$b = -0.02(a+d) \quad (4)$$

- Substitusi (3) dan (4) ke (2)

$$1.14 = (a+d) + 8c - 45b$$

$$1.14 = (a+d) + 8(0.035) - 45(-0.02(a+d))$$

$$1.14 = (a+d) + 0.28 + 0.09(a+d)$$

$$(a+d) = 0.789 \quad (5)$$

- Substitusi (5) ke (4)

$$b = -0.02(a+d)$$

$$= -0.02(0.789)$$

$$= -0.016$$

- Persamaan *mathematic* yang didapat:

$$K = \frac{1}{2}((a+d) + cR - bT)$$

$$K = \frac{1}{2}(0.789 + 0.035R - 0.016T)$$

$$K = 0.3945 + 0.0175R - 0.08T$$

$$y = 0.3945 + 0.0175R - 0.08T$$

sehingga nilai kekasaran permukaan hasil pelapisan *hard chrome* dengan variabel temperatur elektrolit dan jarak elektroda dapat diperoleh dengan persamaan $y = 0.3945 + 0.0175R - 0.08T$

4.3 Pembahasan

4.3.1 Analisis Pengaruh Temperatur Elektrolit Terhadap Kekasaran Permukaan Hasil Pelapisan *Hard Chrome*

Adanya pengaruh yang nyata antara temperatur elektrolit terhadap nilai kekasaran rata-rata dimana temperatur 65°C mempunyai nilai kekasaran 0.5 μm untuk jarak elektroda 4 cm ditunjukkan pada gambar 4.2, sedangkan jarak elektroda 8 cm mempunyai nilai kekasaran rata-rata 0.57 μm , dan jarak elektroda 12 cm mempunyai nilai kekasaran rata-rata 0.65 μm . Hal ini disebabkan karena semakin tinggi temperatur

energi ionisasi yang diperlukan untuk berdeposisi menuju katoda akan semakin besar sehingga laju pembentukan dan pertumbuhan butir akan semakin merata. Adanya ion krom yang berdeposisi akan membuat nilai kekasaran rata-ratanya semakin menurun dikarenakan lapisan yang terbentuk sudah menutupi seluruh bagian dari spesimen awal yang mempunyai nilai kekasaran rata-rata $0.65 \mu\text{m}$.

Temperatur juga mempengaruhi energi aktivasi dari larutan elektrolit, hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius:

$$E_a = -RT \ln \left(\frac{k}{A} \right) \quad (2.6)$$

Keterangan:

E_a = Energi aktivasi

R = Tetapan fluida universal = $0.0821 \text{ atm/mol}^\circ\text{K} = 8,314 \text{ J/mol}^\circ\text{K}$

T = Temperatur reaksi ($^\circ\text{K}$)

A = Faktor frekuensi dari reaksi

K = Konstanta laju reaksi

Dari persamaan tersebut dapat dilihat bahwa dengan pertambahan temperatur maka laju energi aktivasi akan meningkat. Oleh karena itu temperatur yang lebih tinggi akan meningkatkan energi aktifasi ion krom, sehingga lapisan yang terbentuk akan semakin merata. Menurunnya nilai kekasaran rata-rata disebabkan pada saat pengukuran kekasaran permukaan jarak antara lembah dan puncak semakin kecil akibat lapisan krom yang terbentuk dengan besarnya laju aktivasi dari ion-ion krom untuk mengisi kisi-kisi permukaan katoda.

Pada temperatur 55°C dengan jarak elektroda 12 cm mempunyai nilai kekasaran rata-rata $0.7 \mu\text{m}$, sedangkan pada temperatur 45°C dengan jarak elektroda 8 cm dan 12 cm mempunyai nilai kekasaran rata-rata $0.77 \mu\text{m}$ dan $0.81 \mu\text{m}$, nilai kekasaran ini melebihi dari nilai kekasaran rata-rata spesimen tanpa perlakuan yaitu $0.65 \mu\text{m}$, karena semakin rendah temperatur dengan disertai penambahan jarak elektroda akan mengakibatkan konduktivitas elektrolit semakin menurun sehingga ion-ion krom tidak dapat berdeposisi secara menyeluruh melapisi katoda. Adanya katalis berupa asam sulfat tanpa disertai penambahan ion krom akan mengakibatkan terkikisnya lapisan dari katoda yang mengakibatkan kekasaran akan meningkat dari spesimen tanpa perlakuan atau menaikkan nilai kekasaran rata-ratanya.

4.3.2 Analisis Pengaruh Jarak Elektroda Terhadap Kekasaran Permukaan Hasil Pelapisan *Hard Chrome*

Penurunan nilai kekasaran rata-rata permukaan disebabkan oleh semakin dekatnya jarak elektroda pada proses *hard chrome*. Jarak elektroda mempunyai peranan penting, yaitu apabila jarak elektroda terlalu jauh maka proses pengendapan akan berjalan dengan lambat mengakibatkan laju pelepasan ion krom yang berhubungan dengan pengendapan logam pelapis akan lambat karena tidak terdapat waktu yang cukup bagi inti logam pelapis untuk tumbuh, sehingga terdapat sedikit luasan untuk tumbuh inti baru. Sebaliknya apabila jarak elektroda dekat maka lapisan yang terbentuk akan merata pada permukaan katoda yang disebabkan oleh reaksi kimia antara larutan elektrolit, anoda serta arus listrik mengakibatkan terbentuknya inti logam pelapis yang baru, sehingga deposit yang dihasilkan pada permukaan katoda merata.

Variasi jarak elektroda pada elektroplating khususnya *hard chrome* digunakan untuk menentukan cepat lambatnya pengendapan logam pelapis terhadap logam yang akan dilapisi, apabila jarak elektroda dekat akan mempercepat pengendapan logam pelapis. Sebagaimana terlihat pada gambar 4.2 yang menunjukkan semakin dekat jarak elektroda maka kekasaran dari logam yang dilapisi akan semakin rendah dimana jarak elektroda 4 cm mempunyai nilai kekasaran rata-rata yang lebih rendah daripada jarak elektroda 8 cm, sedangkan nilai kekasaran rata-rata jarak 8 cm lebih rendah daripada jarak elektroda 12 cm. Jarak elektroda juga mempengaruhi konduktivitas elektrolit dari larutan asam kromat, semakin dekat jarak elektroda maka konduktivitas elektrolitnya akan semakin naik, karena larutan asam kromat mempunyai konduktivitas listrik yang rendah dalam menyalurkan arus listrik maka peletakan elektroda harus saling berdekatan dan berhadapan.

Perbedaan lapisan *hard chrome* yang terbentuk dengan divariasikannya jarak elektroda sangat dipengaruhi oleh konduktansi elektrolit. konduktansi elektrolit menentukan besarnya jumlah ion dan cepatnya pergerakan ion dalam larutan elektrolit. konduktansi elektrolit berbanding terbalik dengan jarak elektroda, dimana bila jarak elektroda besar maka konduktansi larutan akan semakin kecil (Parthasarandhy, 1989:17). Rumus dari konduktansi elektrolit adalah sebagai berikut:

$$C = \frac{K \cdot \alpha}{l} \quad (2.7)$$

Keterangan:

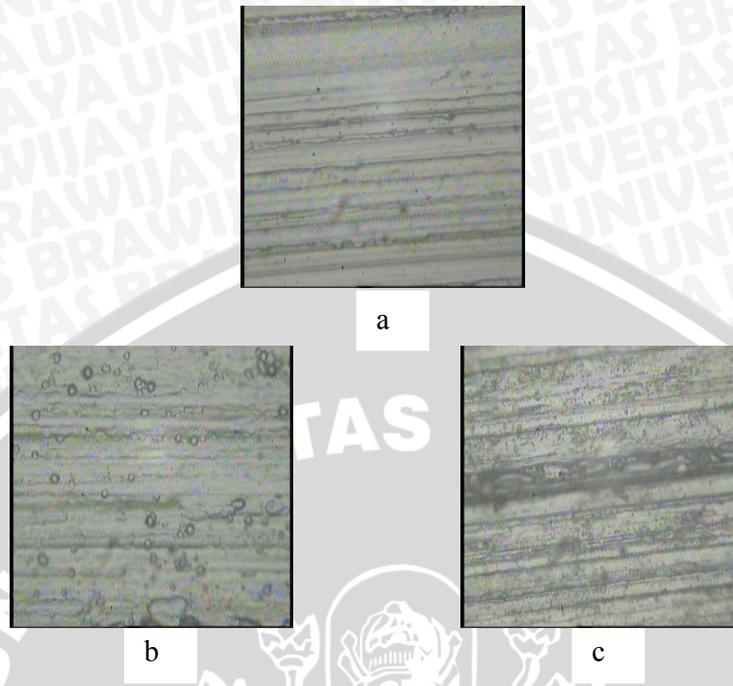
C	= Konduktansi listrik	(siemens)
K	= Konduktansi spesifik	(siemens/cm)
α	= luasan elektroda	(cm ²)
l	= Jarak anoda dan katoda	(cm)

Dari rumus diatas dapat dilihat bahwa konduktansi berbanding terbalik dengan jarak elektroda. Semakin jauh jarak elektroda maka konduktansi akan semakin kecil.

4.3.3 Analisa Pengaruh Temperatur Elektrolit dan Jarak Elektroda Terhadap Kekasaran Permukaan Hasil Pelapisan Hard Chrome

Temperatur elektrolit dan jarak elektroda berpengaruh terhadap kekasaran permukaan hasil *hard chrome* seperti ditunjukkan pada gambar 4.2. Hasil terbaik diperoleh pada temperatur elektrolit 65°C dengan jarak elektroda 4 cm nilai kekasaran rata-ratanya 0.5 μm dimana mempunyai selisih 0.15 μm dari spesimen tanpa perlakuan. Kekasaran ini dihasilkan dari deposit atau pengendapan ion krom dengan berbagai macam ukuran butir. Ukuran yang semakin kecil dan merata pada logam yang dilapisi akan membuat nilai kekasaran rata-ratanya akan semakin menurun.

Kekasaran spesimen *hard chrome* yang melebihi dari spesimen tanpa perlakuan disebabkan terlalu jauhnya peletakan elektroda dengan luasan katoda yang terlalu kecil sehingga kemampuan *throwing power* dari larutan elektrolit akan semakin rendah, hal ini menyebabkan ion krom kesulitan untuk berdeposisi dan sebaliknya larutan asam ini akan mengikis ataupun mereduksi logam yang akan dilapisi, sedangkan energi yang dibutuhkan ion krom untuk mengalir ataupun berdeposisi belum maksimal karena temperatur pada proses terlalu rendah. Penjelasan ini sesuai dengan apa yang diungkapkan oleh (Parthasaradhy, 1989) dimana konduktivitas larutan elektrolit dibentuk oleh jumlah ion (jumlah ion tergantung pada konsentrasi elektrolit yang dipakai) dan kecepatan ion berpindah atau bermigrasi karena pengaruh tegangan listrik yang dipakai. Makin cepat ion bergerak, konduktivitas larutan elektrolit juga semakin besar. Peningkatan konduktivitas larutan elektrolit seiring peningkatan temperatur, suatu sifat yang menunjukkan pergerakan ion yang besar.



Gambar 4.3 Foto Mikro Spesimen Pembesaran 400x
a. Tanpa Perlakuan
b. Temperatur Elektrolit 65°C dan Jarak Elektroda 4 cm
c. Temperatur elektrolit 45°C dan Jarak Elektroda 12 cm

Gambar 4.3 (a) menunjukkan spesimen tanpa perlakuan dimana terlihat jelas tidak terdapat butiran-butiran krom yang terbentuk, sedangkan gambar 4.3 (b) dan (c) adalah spesimen dengan perlakuan *hard chrome*. Gambar 4.3 (b) adalah spesimen yang mempunyai nilai kekasaran rata-rata terendah dimana terdapat butiran krom, serta terlihat lapisan antara sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan dengan butiran yang merata dengan nilai kekasaran rata-rata adalah 0.5 μm . Gambar 4.3 (c) adalah spesimen yang mempunyai nilai kekasaran rata-rata tertinggi dimana terlihat spesimen ini mengalami pengikisan dan jarang ditemui butiran krom dengan nilai kekasaran rata-rata 0.81 μm .

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari Penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Temperatur elektrolit berpengaruh terhadap kekasaran permukaan hasil *hard chrome*, sehingga pada proses *hard chrome* harus dipertimbangkan tentang pemilihan temperatur yang tepat untuk menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih halus.
2. Jarak elektroda berpengaruh terhadap kekasaran permukaan hasil dari pelapisan *hard chrome*, karena jarak elektroda berpengaruh terhadap konduktivitas listrik larutan elektrolit. Diperlukan penentuan jarak elektroda yang tepat untuk menentukan kualitas kekasaran permukaan yang optimal pada sebuah produk *hard chrome* yang terbuat dari bahan baja AISI 1025.
3. Nilai Kekasaran rata-rata permukaan terendah pada pelapisan *hard chrome* sebesar 0.5 μm dimana didapatkan dari kombinasi pada temperatur 65°C dan jarak elektroda 4 cm. Nilai Kekasaran rata-rata permukaan tertinggi sebesar 0.81 μm didapatkan pada variasi temperatur media elektrolit 45°C dengan jarak elektroda 12 cm.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian tentang perlakuan sebelum proses *hard chrome* misalnya *sand blasting*, *polishing*, dan *grinding* terhadap kualitas pelapisan *hard chrome*.
2. Perlu dilakukan penelitian variabel lain dari pelapisan *hard chrome* terhadap adhesifitas.
3. Perlu dilakukan penelitian variabel lain dari pelapisan *hard chrome* terhadap ketahanan terhadap larutan garam.
4. Perlu dilakukan penelitian perubahan bentuk benda kerja terhadap kualitas pelapisan *hard chrome*.
5. Perlu dilakukan penelitian tentang pelapisan *chrome* lainnya yaitu *black chrome*.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM handbook. 1994: *Surface Engineering*. Volume 5. ASM International.
- Abrianto, Akuan. 2009: *Applied electroplating*.
http://www.scribd.com/Abrianto_Akuan. Bandung, diakses tanggal 15 April 2012.
- Alian, Helmy. 2010: Pengaruh Tegangan Pada Proses Elektroplating Baja Dengan Pelapis Seng Dan Krom Terhadap Kekerasan Dan Laju Korosinya. SNTTM. Palembang
- Anonymous 1, http://www.sfsa.org/tutorials/hyd_accum/spin_08.htm, diakses tanggal 19 April 2012
- Anonymous 2, <http://melindamelindo.wordpress.com/>, diakses tanggal 19 April 2012
- Anonymous 3, <http://landasanteori.blogspot.com/2011/08/sel-volta.html>, diakses tanggal 19 April 2012
- Anonymous 4, <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/PengukuranKekasaranPermukaan.pdf>, diakses tanggal 19 April 2012
- Atedi, Bimbing. 2005. Stabdar Kekasaran Permukaan Bidang Pada Yoke Flange Menurut ISO R 132 dan DIN 4768 Dengan Memperhatikan Nilai Ketidakpastiannya. Seminar Material Metalurgi. Puspipstek. Tangerang
- Barbato, Salvador. 2008. *Journal Study Of The Effect Of Temperature On The Hardness, Grain Size, And Yield In Electrodeposition Of Chromium On 1045 Steel*. Departement Kimia. Antofagasta University. Chile
- Chamberlain, J dan Trethewey, R.K. 1991: *Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Gramedia. Jakarta.
- Erlika, Natalia. 2010. Pengaruh Temperatur Elektrolit dan Jarak Elektroda Terhadap Kekerasan Lapisan Hasil Pelapisan Hard Chrome. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang. Universitas Brawijaya.
- Fontana, Mars G. 1987: *Corrosion Engineering*. Mc Graw Hill Book Co. Singapura.
- Hartomo, A.J, & Koneko, T.1992: *Mengenal Pelapisan Logam (Electroplating)*. Yogyakarta. Andi Offset
- Haque, Ul-Inam. 2002: *Chrome Electrodeposition Additives*. Department of Chimistry. Pakistan. *University of Engineering and Technology*.

- Indro, F. 1996. *Perubahan Dimensi dan Kekasaran Permukaan Baja Aisi 4150 Benbentuk Silinder Akibat Proses Hardening dan Tempering*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang. Universitas Brawijaya.
- Indarto, Dwi. 2009. *Pengaruh Waktu tahan Proses Hot Dipping Baja Karbon Rendah Terhadap Ketebalan Lapisan, Kekuatan Tarik dan Harga Impak dengan Bahan Pelapis Aluminium*. Skripsi Teknik Mesin. Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Lowenheim, F.A. 1974: *Modern Electroplating*, New York. John Wiley and Son, Inc.
- Maulana, Rifky. 2012. *Pengaruh Temperature Elektrolit Dan Jarak Elektroda Terhadap Laju Korosi Pada Hasil Pelapisan Electroplating Hard Chrome*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang. Universitas Brawijaya.
- Nasikin, M dan Susanto Bambang.H. 2010: *Katalis Heterogen*, Jakarta: Universitas Indonesia Pers
- Parthasaradhy, N. V; 1989: *Practical Electropolting Handbook*, New Jearsy USA: Prentice-Hall, Inc
- Rahardjo, Samsudi. 2010. *Pengaruh Variasi Tegangan Listrik Dan Waktu Proses Electroplating Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Krom*. Prosiding Seminar Nasional. Unimus
- Sanders, A.H.1950. *Electroplating*, New York: International Textbook, Co.
- Suarsana, Ketut. 2008. *Pengaruh Waktu Pelapisan Nikel Pada Tembaga Dalam Pelapisan Khrom Dekoratif Terhadap Tingkat Kecerahan Dan Ketebalan Lapisan*. *Jurnal Imu Teknik Mesin*. CAKRAM:48-60
- Surdia, T. & Saito, S. 1999: *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Keempat, Jakarta:PT Pradnya Paramita
- Svenson, Eric: 2006: *DuraChrome Hard Chromium Plating*, Florida: Plating Resource, inc.
- Vorburger, T.V.1990. *Surface Finish Metrology Tutotial*. National Institute of Standars and Technology. United States

Jarak 4 cm Temperatur 45°C



Jarak 4 cm Temperatur 55°C



Jarak 4 cm Temperatur 65°C



Jarak 8 cm Temperatur 45°C



Jarak 8 cm Temperatur 55°C



Jarak 8 cm Temperatur 65°C



Jarak 12 cm Temperatur 45°C



Jarak 12 cm Temperatur 55°C



Jarak 12 cm Temperatur 65°C



LAMPIRAN 2

CONTOH PERHITUNGAN Ra PROFIL PERMUKAAN

H	Titik	Skala
1	9	1.8
2	4	0.8
3	4	0.8
4	6	1.2
5	4	0.8
6	6	1.2
7	2	0.4
8	6	1.2
9	3	0.6
10	2	0.4
11	1	0.2
12	3	0.6
13	1	0.2
14	2	0.4
15	2	0.4
16	2	0.4
17	2	0.4
18	1	0.2
19	2	0.4
20	1	0.2
21	2	0.4
22	2	0.4
23	6	1.2
24	7	1.4
25	3	0.6
26	2	0.4
27	3	0.6
28	2	0.4
29	7	1.4
30	3	0.6
31	0	0
32	9	1.8
33	8	1.6
34	1	0.2
35	3	0.6
36	5	1
37	1	0.2
38	2	0.4
39	5	1

40	5	1
41	3	0.6
42	3	0.6
43	3	0.6
44	5	1
45	0	0
46	1	0.2
47	3	0.6
48	4	0.8
49	5	1
50	4	0.8
51	7	1.4
52	8	1.6
53	5	1
54	7	1.4
55	0	0
56	4	0.8
57	4	0.8
58	7	1.4
59	5	1
60	7	1.4
61	7	1.4
62	7	1.4
63	8	1.6
64	9	1.8
65	6	1.2
66	3	0.6
67	1	0.2
68	1	0.2
69	1	0.2
70	0	0
71	4	0.8
72	3	0.6
73	5	1
74	4	0.8
75	11	2.2
76	5	1
77	5	1
78	4	0.8
79	3	0.6

80	6	1.2
81	7	1.4
82	5	1
83	5	1
84	5	1
85	6	1.2
86	3	0.6
87	0	0
88	2	0.4
89	1	0.2
90	1	0.2
91	2	0.4
92	5	1
93	4	0.8
94	3	0.6
95	0	0
96	1	0.2
97	3	0.6
98	1	0.2
99	0	0
100	2	0.4
101	4	0.8
102	6	1.2
103	6	1.2
104	2	0.4
105	2	0.4
106	5	1
107	2	0.4
108	2	0.4
109	1	0.2
110	2	0.4
111	1	0.2
112	3	0.6
113	1	0.2
114	3	0.6
115	1	0.2
116	2	0.4
117	1	0.2
118	1	0.2
119	1	0.2

LAMPIRAN 2

120	1	0.2
121	5	1
122	3	0.6
123	2	0.4
124	10	2
125	5	1
126	5	1
127	5	1
128	6	1.2
129	6	1.2
130	9	1.8
131	4	0.8
132	2	0.4
133	1	0.2
134	1	0.2
135	3	0.6
136	2	0.4
137	4	0.8
138	1	0.2
139	1	0.2
140	1	0.2
141	2	0.4
142	3	0.6
143	2	0.4
144	2	0.4
145	6	1.2
146	5	1
147	5	1
148	2	0.4
149	4	0.8
150	5	1
151	9	1.8
152	3	0.6
153	1	0.2
154	2	0.4
155	4	0.8
156	2	0.4
157	2	0.4
158	2	0.4
159	1	0.2
160	2	0.4

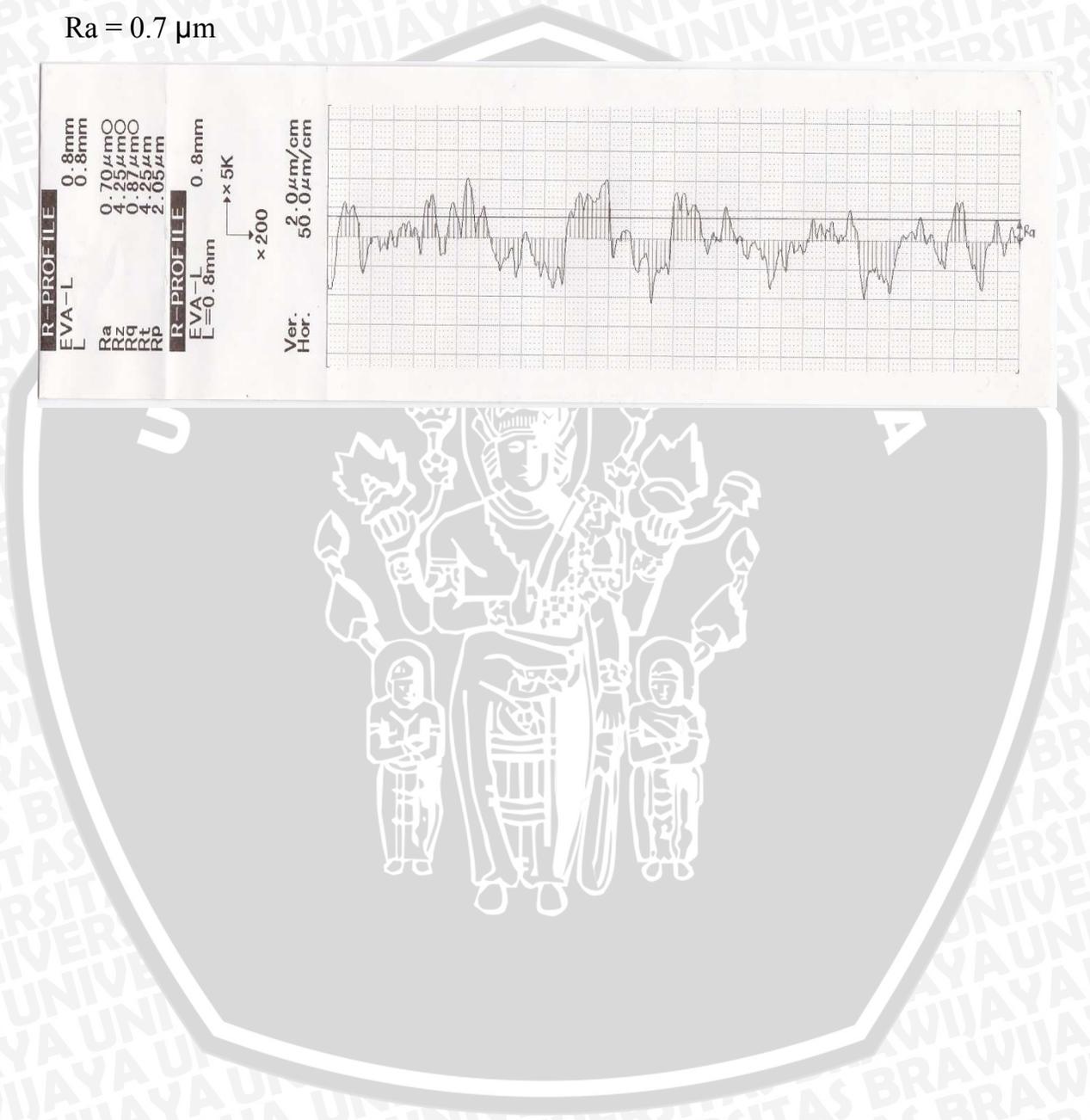
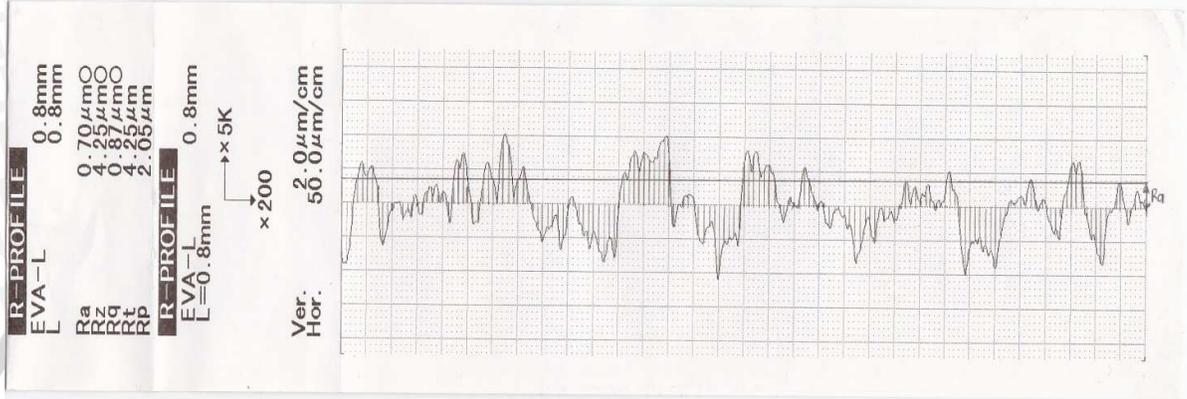
Jumlah	112
Rata-rata	0.7

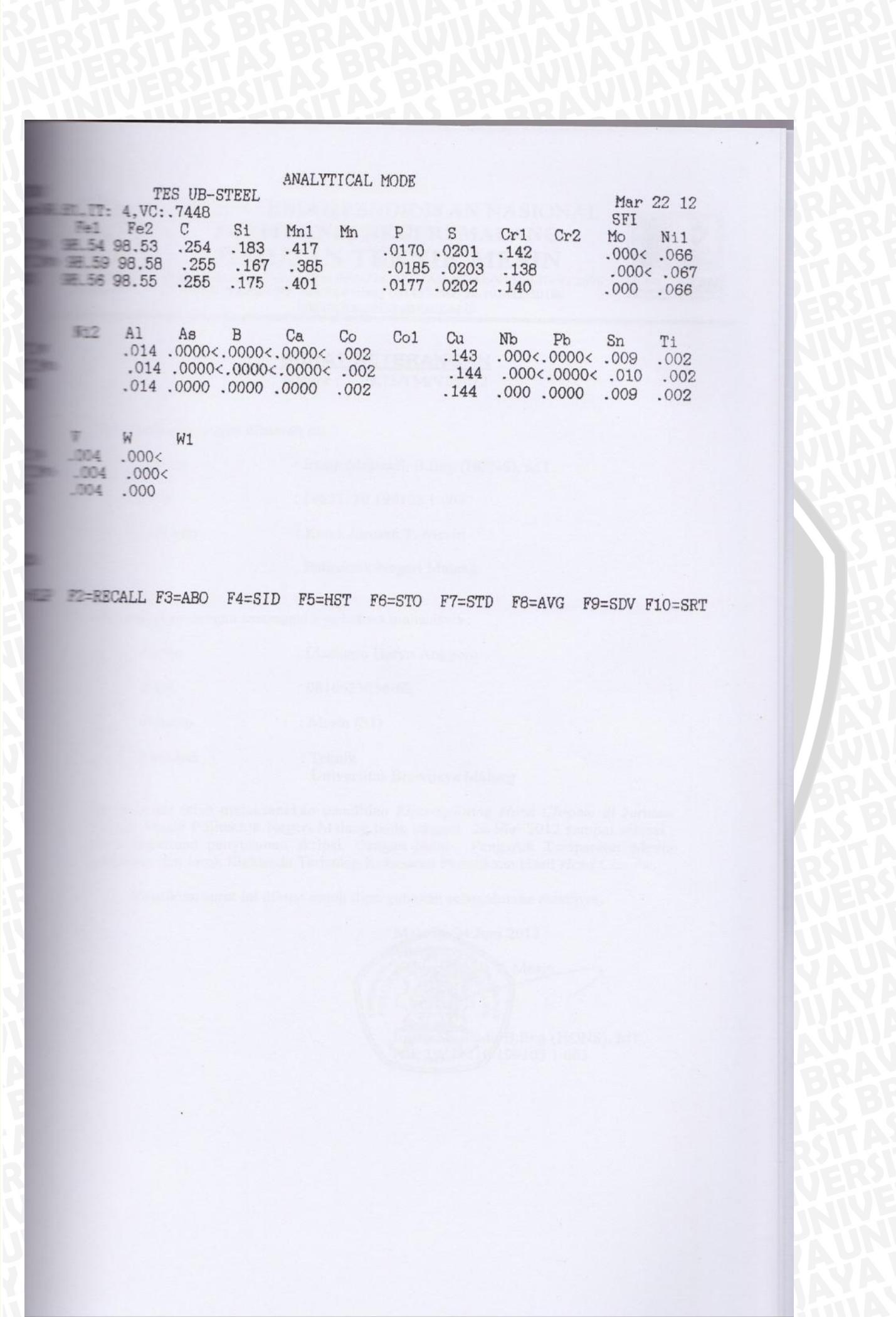


$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |y(x)| dx \cong \frac{1}{N} \sum |y_i| \quad (\text{Vorburger, 1990:36})$$

$$Ra = \frac{1}{160} 112$$

$$Ra = 0.7 \mu\text{m}$$





ANALYTICAL MODE

TES UB-STEEL

Mar 22 12

RECALL: 4, VC: .7448

Fe1	Fe2	C	Si	Mn1	Mn	P	S	Cr1	Cr2	Mo	Ni1
98.54	98.53	.254	.183	.417		.0170	.0201	.142		.000<	.066
98.59	98.58	.255	.167	.385		.0185	.0203	.138		.000<	.067
98.56	98.55	.255	.175	.401		.0177	.0202	.140		.000	.066

Al	As	B	Ca	Co	Co1	Cu	Nb	Pb	Sn	Ti
.014	.0000<	.0000<	.0000<	.002		.143	.000<	.0000<	.009	.002
.014	.0000<	.0000<	.0000<	.002		.144	.000<	.0000<	.010	.002
.014	.0000	.0000	.0000	.002		.144	.000	.0000	.009	.002

T	W	W1
.004	.000<	
.004	.000<	
.004	.000	

F2=RECALL F3=ABO F4=SID F5=HST F6=STO F7=STD F8=AVG F9=SDV F10=SRT



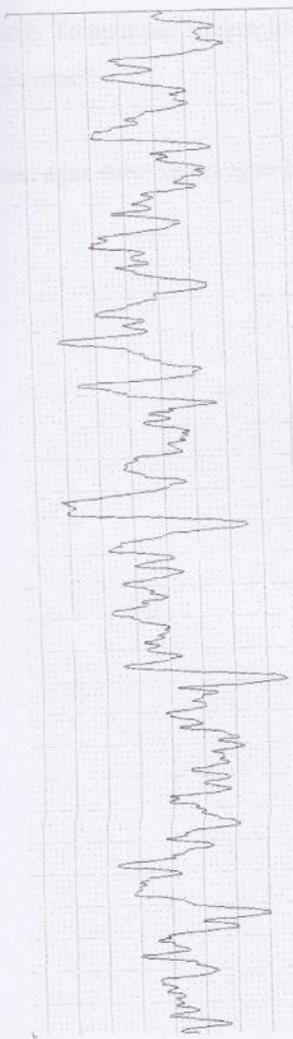
TILT-COMP ALL
GO/±NG AVERAGE
Ra +NG 999.9μm
-NG 0.02μm
Rz +NG 999.9μm
-NG 0.02μm
Rq +NG 999.9μm
-NG 0.02μm
M-SPEED 0.25mm/s
RANGE AUTO
PRE/POST ON
DRIVE STAND

R-PROFILE
EVA-L 0.8mm
L 0.8mm
Ra 0.47μm
Rz 3.41μm
Rq 0.59μm
Rt 3.41μm
Rp 1.80μm

R-PROFILE
EVA-L 0.8mm
L=0.8mm

→×10K
×200

Ver. 1.0μm/cm
Hor. 50.0μm/cm



TILT-COMP ALL
GO/±NG AVERAGE
Ra +NG 999.9μm
-NG 0.02μm
Rz +NG 999.9μm
-NG 0.02μm
Rq +NG 999.9μm
-NG 0.02μm
M-SPEED 0.25mm/s
RANGE AUTO
PRE/POST ON
DRIVE STAND

R-PROFILE
EVA-L 0.8mm
L 0.8mm
Ra 0.60μm
Rz 3.86μm
Rq 0.76μm
Rt 3.86μm
Rp 1.69μm

R-PROFILE
EVA-L 0.8mm
L=0.8mm

→×5K
×200

Ver. 2.0μm/cm
Hor. 50.0μm/cm



TILT-COMP ALL
GO/±NG AVERAGE
Ra +NG 999.9μm
-NG 0.02μm
Rz +NG 999.9μm
-NG 0.02μm
Rq +NG 999.9μm
-NG 0.02μm
M-SPEED 0.25mm/s
RANGE AUTO
PRE/POST ON
DRIVE STAND

R-PROFILE
EVA-L 0.8mm
L 0.8mm
Ra 0.86μm
Rz 6.18μm
Rq 1.08μm
Rt 6.18μm
Rp 2.67μm

R-PROFILE
EVA-L 0.8mm
L=0.8mm

→×5K
×200

Ver. 2.0μm/cm
Hor. 50.0μm/cm





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

Jl. Mayjen Haryono 167 Telp. 553286 Pes. 1214 Malang 65145

Nomor :023/PT.13.FT.6.M/VII/2012

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan dengan sesungguhnya bahwa mahasiswa:

Nama : **Lisdianto Haryo Anggoro**

Nim. : 0810623056-62

Instansi : Universitas Brawijaya

Program Studi : Teknik Mesin

Benar-benar telah melaksanakan penelitian / pengambilan data di Laboratorium Pengujian Bahan Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Brawijaya Malang, guna keperluan penyusunan skripsi dengan judul:

"Pengaruh Temperatur Elektrolit Dan Jarak Elektroda Terhadap Kekasaran Permukaan Lapisan *Hard Chrome*"

Demikian agar surat keterangan ini dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang 23 Juli 2012

Ka. Lab. Pengujian Bahan

Pitu Hadi Setyarni, ST. MT.
NIP. 19770806 200312 2 001



PT ANEKA BANUSAKTI
FOUNDRY & MACHINERY
Jl. Raya Wonoayu No. 26B, Gempol - Pasuruan 67155
Phone : (62-243) 853-110, 853-111, 854-808
Fax : (62-243) 853-111

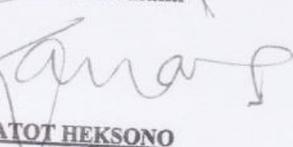
No. : 001/ ABS-HRD/III/12
Lamp : 1
Hal : Pengujian

Dengan hormat,
Yang bertanda tangan dibawah ini,
Nama : Gatot Heksono
Jabatan : Manajer PPIC

Dengan ini menerangkan dengan sesungguhnya:

Nama : Lisdianto Haryo Anggoro
Jurusan : Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang
Telah melakukan pengujian Spektrometri di Laboratorium PT Aneka Banusakti Pasuruan pada tanggal 27 Maret 2012.

Demikian keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Manager PPIC
PT. Aneka Banusakti

GATOT HEKSONO



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
POLITEKNIK NEGERI MALANG
JURUSAN TEKNIK MESIN

Terakreditasi A, Sesuai Kpts BAN No.:014/BAN-PT/Ak-VI/Dpl-III/VI/2006
 Jl. Veteran PO. Box 04 Malang 65145 Telp/Fax. (0341)550180
<http://www.poltek-malang.ac.id>



SURAT KETERANGAN

Nomor : /K13/TM/VI/2012

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Imam Mashudi, B.Eng (HONS), MT.
 NIP : 19631110 199103 1 003
 Jabatan : Ketua Jurusan T. Mesin
 Politeknik Negeri Malang

Menerangkan dengan sesungguhnya bahwa mahasiswa :

Nama : Lisdianto Haryo Anggoro
 NIM : 0810623056-62
 Jurusan : Mesin (SI)
 Fakultas : Teknik
 Universitas Brawijaya Malang

Benar-benar telah melaksanakan penelitian *Electroplating Hard Chrome* di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang pada tanggal 28 Mei 2012 sampai selesai , guna keperluan penyusunan skripsi. Dengan judul : Pengaruh Temperatur Media Elektrolit dan Jarak Elektroda Terhadap Kekasaran Permukaan Hasil *Hard Chrome*.

Demikian surat ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 04 Juni 2012

Mengetahui,
 Ketua Jurusan T. Mesin,

Imam Mashudi, B.Eng (HONS), MT.
 NIP. 19631110 199103 1 003



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
 FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN UNIVERSITAS BRAWIJAYA
 LABORATORIUM METROLOGI INDUSTRI
 Jl. Mayjen Haryono 167 Telp. 553286 Pes. 216 Malang 65145

No : 01/PT.13.FT.6.MI/VII/2012

Nama : Lisdianto Haryo Anggoro
 NIM : 0810623056
 Jurusan : Teknik Mesin UB

Temperatur Elektrolit (°C)	Ulangan	Jarak Elektroda (cm)		
		B ₁ (4)	B ₂ (8)	B ₃ (12)
A ₁ (45)	1	0.57	0.78	0.85
		0.56	0.76	0.86
		0.6	0.79	0.85
	2	0.73	0.68	0.77
		0.68	0.7	0.77
		0.7	0.71	0.79
	3	0.68	0.79	0.78
		0.65	0.85	0.79
		0.69	0.84	0.8
A ₂ (55)	1	0.55	0.63	0.75
		0.52	0.6	0.7
		0.53	0.61	0.71
	2	0.64	0.64	0.7
		0.61	0.58	0.69
		0.66	0.65	0.69
	3	0.58	0.62	0.68
		0.57	0.58	0.7
		0.61	0.64	0.73
A ₃ (65)	1	0.47	0.56	0.64
		0.46	0.53	0.64
		0.54	0.58	0.7
	2	0.49	0.57	0.64
		0.52	0.55	0.63
		0.48	0.57	0.67
	3	0.48	0.57	0.67
		0.52	0.56	0.6
		0.49	0.6	0.66

Malang, 16 Juli 2012

Ka. Lab. Metrologi Industri



Fenihana Gapsari, ST., MT.

0819820704 200812 2 002