



PENGARUH VARIASI WAKTU PROSES *HARD CHROME* PADA *WASHER (RING)* TERHADAP KETEBALAN DAN KEKERASAN LAPISAN

SKRIPSI

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

UNNES

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

oleh
Adi Catur Wibowo

5201410024

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2016**

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Mahasiswa : Adi Catur Wibowo
NIM : 5201410024
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin, S1
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa naskah karya tulis skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Waktu Proses *Hard Chrome* pada *Washer (Ring)* Terhadap Ketebalan dan Kekerasan Lapisan”** ini bebas dari plagiat. Apabila dikemudian hari terdapat plagiat yang tidak mencantumkan sumber daftar pustaka dalam karya tulis skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi yang dirujuk berdasarkan kode etik karya ilmiah yang berlaku.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Semarang, 24 Juni 2016



Adi Catur Wibowo
NIM. 5201410024

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Adi Catur Wibowo
NIM : 5201410024
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin, S1
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Waktu Proses *Hard Chrome* pada *Washer (Ring)* Terhadap Ketebalan dan Kekerasan Lapisan

Telah dipertahankan di depan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Panitia Ujian

Ketua : Rusiyanto, S.Pd., M.T. (.....)
NIP. 19740321 199903 1 002

Sekretaris : Rusiyanto, S.Pd., M.T. (.....)
NIP. 19740321 199903 1 002

Dewan Penguji

Pembimbing : Drs. Pramono, M.Pd. (.....)
NIP. 19580910 198503 1 002

Penguji Utama I : Drs. Masugino, M.Pd. (.....)
NIP. 19520721 198012 1 001

Penguji Utama II : Widi Widayat, S.T., M.T. (.....)
NIP. 19740815 200003 1 001

Penguji Pendamping : Drs. Pramono, M.Pd. (.....)
NIP. 19580910 198503 1 002

Ditetapkan di Semarang
Tanggal :

Mengesahkan,
Dean Fakultas Teknik



Dr. Nur Oudus, M.T.
NIP. 19691130 199403 1 001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

1. Berusahalah menanam segala kebaikan, dan janganlah mengharap imbalan
2. Mulailah dari kesungguhan hati, dan akhirilah dengan rasa bersyukur
3. Seberat apapun permasalahan yang datang, hadapilah dan jangan kau lari darinya
4. Kunci kesuksesan dan kebahagiaan ada di dalam doa orang tua

(Penulis)

Persembahan :

Dengan mengucap rasa syukur kepada Allah Subhanahuwata'alla, kupersembahkan skripsi ini untuk :

1. Bapak Duryani dan Ibu Turaeni selaku orang tuaku yang selalu memberikan kasih sayang, motivasi, semangat, dan selalu mendoakanku.
2. Mbak Eka Susila, Mas Andriyanto, Mbak Ari Listriyani, dan Kintan Febriyanti selaku kakak dan adik serta segenap keluarga besarku yang selalu mencintai, menghibur, membantuku, mendoakanku, dan menguatkan hatiku.
3. Segenap keluarga besar PTM 2010 dan teman-teman Joty Kos.

ABSTRAK

Adi Catur Wibowo. 2016. Pengaruh Variasi Waktu Proses *Hard Chrome* Pada *Washer (Ring)* Terhadap Ketebalan dan Kekerasan Lapisan. Skripsi. Drs. Pramono, M.Pd. Progam Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Peranan material logam dalam dunia industri sangatlah penting terutama dalam proses perakitan suatu kendaraan. Berdasarkan data statistik di dunia otomotif, penggunaan kendaraan di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Peningkatan ini mengakibatkan pada permintaan *spare-part* otomotif yang semakin banyak dibutuhkan salah satunya adalah *washer* atau *ring*.

Washer atau *ring* digunakan bersamaan dengan baut, mur, sekrup dalam proses perakitan. Berdasarkan fungsinya *washer* atau *ring* dapat dijadikan pelindung komponen yang dirakit, memperbaiki penampilan, penguncian, pengencangan, dan sebagai pendistribusian beban. Dengan adanya fenomena data peningkatan penggunaan dan produksi kendaraan, perlu adanya proses dimana berguna untuk meningkatkan kualitas *washer* atau *ring* agar menjadi *washer* atau *ring* yang lebih tahan terhadap korosi. Proses meningkatkan kualitas ini biasanya dengan metode *galvanizing dan hot-deep* yang merupakan metode pelapisan seng (Zn). Dalam deret Volta lapisan seng (Zn) akan lebih mudah teroksidasi atau lebih cepat terkorosi dibandingkan unsur logam seperti kromium (Cr).

Salah satu cara meningkatkan kualitas *washer* atau *ring* ini adalah dengan mengganti jenis pelapis logam dari yang biasanya menggunakan lapisan seng (Zn) diganti dengan menggunakan lapisan kromium (Cr) dengan metode pelapisan *hard chrome*, dan tingkat kekerasan *washer* atau *ring* yang menjadi acuan adalah ISO 7091:2000. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah (1) Apakah variasi waktu proses *hard chrome* berpengaruh terhadap ketebalan lapisan pada *washer (ring)*, (2) Apakah variasi waktu proses *hard chrome* berpengaruh terhadap kekerasan lapisan pada *washer (ring)*, (3) apakah variasi waktu proses *hard chrome* pada *washer (ring)* dapat mencapai *range* kekerasan sesuai standar ISO 7091:2000, lalu pada variasi berapa menitkah ini terjadi?.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen dengan statistika deskriptif. Dengan parameter penelitian berupa tegangan 7 volt, kuat arus 10 Ampere, suhu pelapisan 30-40°C, dua buah anoda dengan jarak anoda-katoda 80 mm, dan variasi waktu 8 menit, 12 menit, 16 menit, serta 20 menit.

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada selisih rata-rata berat endapan, ketebalan, dan kekerasan dalam satu proses dan variasi. Perbedaan ini dikarenakan faktor distribusi arus dan faktor gelembung gas hidrogen pada saat proses pelapisan berlangsung. Pengaruh lamanya waktu pelapisan akan mengakibatkan semakin meningkatnya nilai kekerasan lapisan dan ketebalan lapisan. Kekerasan dan ketebalan terbesar pada variasi 20 menit sebesar 666,16 VHN, dan sebesar 10,41 μm . Kemudian kekerasan dan ketebalan terkecil pada variasi 8 menit sebesar 167 VHN, dan sebesar 4,16 μm . Dalam penelitian ini variasi yang mencapai *range* kekerasan standar ISO 7091:2000 terjadi pada waktu 8 menit.

Kata kunci: *Hard Chrome*, kekerasan, ketebalan lapisan, pelapisan, variasi waktu

ABSTRACT

Adi Catur Wibowo. 2016. *The Effect of Time Variation of Hard Chrome Process on Washer (Ring) Toward The Thickness and Hardness Layer. Final Project. Drs. Pramono, M.Pd. Education Study Program of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Semarang State University.*

The role of metals in industrial sector is really significant, particularly in vehicle assembling process. Based on statistic data in automotive industry, the use of vehicle in Indonesia is getting higher year by year. it causes the demand of automotive spare-part is more needed such as washer or ring.

Washer or ring is used together with bolt, nut, and screw in assembling process. Based on the function, washer or ring can be used as protector of assembled components, improving appearance, locking, tightening, and load distribution. Because of the rising phenomena on the data of usage and vehicle production, it needs a process to increase washer or ring quality which can endure corrosion. Generally, the increasing quality process applies galvanizing and hot-deep method, a method of Zinc (Zn) coating. In Volta series, Zinc coating (Zn) is easier to be oxidized or to be corroded than metallic substance such as Chromium (Cr).

One of the way in increasing the washer or ring quality is changing the type of metallic coating from Zinc (Zn) to Chromium (Cr) by hard chrome coating method, and the hardness level of washer or ring to be reference is ISO 7091:2000. The problems of this research are (1)Does the time variation of hard chrome process influence the thickness of coating on washer (ring), (2)Does the time variation of hard chrome process influence the hardness layer of washer (ring), (3)Does the time variation of hard chrome process on washer (ring) get to achieve the hardness range to the standard of ISO 7091:2000, and in how many minutes it will happen?.

This research uses experimental research method with descriptive statistic, by using research parameter of 7 volt voltage, 10 Ampere amperage, coating temperature of 30-40 °C, two anodes with distance between anode and cathode 80 mm, and 8 minutes, 12 minutes, 16 minutes, and 20 minutes time variations.

The results showed a significant difference in the average gap weight of sediment, thickness and hardness in one process and variation. This difference is due to the current distribution factors and factors of hydrogen gas bubbles during the coating process takes place. The influence of the length of time the coating will result in increasing the hardness coating and thickness layer. The hardness and thickness of the variation of 20 minutes at 666,16 VHN, and amounted to 10,41 μm . Then the hardness and thickness of the smallest on the variation of 8 minutes at 167 VHN, and amounted to 4,16 μm . In this study the variation achieve hardness range standard ISO 7091:2000 occurred in 8 minutes.

Keyword: *Hard Chrome, hardness, thickness layer, coating, time variation*

KATA PENGANTAR

Puja dan puji syukur penulis panjatkan atas ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya kepada penulis sehingga karya tulis skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Waktu Proses *Hard Chrome* pada *Washer (Ring)* Terhadap Ketebalan dan Kekerasan lapisan” dapat terselesaikan dengan baik.. Karya tulis skripsi ini ditulis dalam rangka menyelesaikan program studi Strata 1 untuk mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan di Universitas Negeri Semarang.

Penyusunan karya tulis skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa kerja sama dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan kesungguhan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Nur Qudus, M.T., sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Bapak Rusiyanto, S.Pd., M.T., sebagai Ketua jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Bapak Drs. Pramono, M.Pd. , sebagai dosen pembimbing dan penguji pendamping yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan saran kepada penulis.
4. Bapak Drs. Masugino, M.Pd., sebagai dosen penguji I yang telah memberikan masukan dan arahan kepada penulis.
5. Bapak Widi Widayat, S.T., M.T., sebagai dosen penguji II yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis.

6. PT. Itokoh Ceperindo-Klaten yang telah memberikan izin untuk pengujian komposisi *raw material* sampel yang digunakan untuk *washer (ring)*.
7. Bapak Didik Djoko Susilo, S.T., M.T., sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret (UNS) yang memberikan izin tempat penelitian di Laboratorium pelapisan elektroplating (Lab. Material) Teknik Mesin UNS.
8. Kepala Lab. Material D3 Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada yang memberikan izin tempat penelitian pengukuran ketebalan lapisan dan kekerasan lapisan *hard chrome*.
9. Serta Bapak Maruto Adhi Prabowo, S.T., Bapak Puji Priyana, S.S.T., sebagai staf lab. Material. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dan mendukung penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan karya tulis skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga karya tulis skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bermanfaat bagi dunia industri maupun pendidikan pada khususnya.

Semarang, 24 Juni 2016



Adi Catur Wibowo
NIM. 5201410024

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	6
1.6 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II DASAR TEORI.....	8
2.1 Kajian Pustaka.....	8
2.2 Landasan Teori.....	10
2.2.1 Material Logam dan Sifatnya.....	10
2.2.2 Baja (<i>Steel</i>).....	11
2.2.3 <i>Washer (Ring)</i> dan Standar ISO.....	11
2.2.4 <i>Chromium (Krom)</i>	14
2.2.5 Elektroplating.....	15
2.2.6 Prinsip Kerja Elektroplating.....	16
2.2.7 Parameter-Parameter Proses Elektroplating.....	17
2.2.8 Proses Pengerjaan Pendahuluan (<i>Pre-Treatment</i>).....	19

2.2.9 <i>Hard Chrome</i> (Krom Keras).....	21
2.2.10 Pengukuran Ketebalan Lapisan.....	21
2.2.11 Pengujian Kekerasan.....	22
2.3 Kerangka Berfikir.....	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	28
3.1 Rancangan Penelitian.....	28
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	29
3.3 Jenis Penelitian.....	29
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	30
3.5 Teknik Analisis Data.....	30
3.6 Alat dan Bahan Penelitian.....	31
3.6.1 Alat Penelitian.....	31
3.6.2 Bahan Penelitian.....	33
3.7 Parameter Penelitian.....	34
3.8 Kalibrasi Instrumen Penelitian.....	34
3.9 Prosedur Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Deskripsi Hasil Penelitian.....	38
4.2 Pengujian Komposisi <i>Raw Material</i>	39
4.3 Pengukuran Berat Spesimen.....	40
4.4 Pengukuran Ketebalan Lapisan.....	44
4.5 Pengujian Kekerasan.....	47
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	53
5.1 Simpulan.....	53
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	58

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. <i>Specifications and International Standards of Reference</i>	13
Tabel 2. Pengujian Komposisi Kimia <i>Raw Washer (Ring)</i>	33
Tabel 3. Pengujian Komposisi Kimia <i>Raw Washer (Ring)</i>	39
Tabel 4. Hasil Pengukuran Berat Spesimen <i>Washer (Ring)</i>	40
Tabel 5. Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan <i>Hard Chrome</i>	44
Tabel 6. Hasil Pengujian Kekerasan <i>Raw Material Washer (Ring)</i>	48
Tabel 7. Hasil Pengujian Kekerasan Lapisan <i>Hard Chrome</i>	48
Tabel 8. Instrumen Pengujian Komposisi <i>Raw Material Washer (Ring)</i>	59
Tabel 9. Instrumen Hasil Pengukuran Berat Spesimen <i>Washer (Ring)</i>	59
Tabel 10. Instrumen Hasil Pengujian Kekerasan <i>Micro Vickers</i>	60
Tabel 11. Instrumen Hasil Pengukuran Ketebalan Lapisan <i>Hard Chrome</i>	62



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. <i>Flat Washer</i> atau <i>Plain Washer</i>	11
Gambar 2.2. Rangkaian Proses Elektroplating	17
Gambar 2.3. Coating Thickness Gauge Dualscope MPOR.....	22
Gambar 2.4. Micro Hardness Tester.....	23
Gambar 2.5. Indentor Piramid Intan pada Metode Vickers	25
Gambar 3.1. Rancangan Penelitian	28
Gambar 4.1. Grafik Pengaruh Variasi Waktu Proses <i>Hard Chrome</i> pada <i>Washer (Ring)</i> Terhadap Penambahan Berat Endapan Lapisan	41
Gambar 4.2. Grafik Pengaruh Variasi Waktu Proses <i>Hard Chrome</i> pada <i>Washer (Ring)</i> Terhadap Ketebalan Lapisan	45
Gambar 4.3. Grafik Pengaruh Variasi Waktu Proses <i>Hard Chrome</i> pada <i>Washer (Ring)</i> Terhadap Kekerasan <i>Micro Vickers</i>	49

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Lembar Pengambilan Data atau Instrumen Penelitian	59
Lampiran 2. Surat Izin Penelitian Ke Lab. Material Teknik Mesin (UNS)	63
Lampiran 3. Surat Izin Penelitian Ke Lab. Material D3 Teknik Mesin (UGM) .	64
Lampiran 4. Surat Telah Melakukan Penelitian di Lab. Material (UNS)	65
Lampiran 5. Surat Telah Melakukan Penelitian di Lab. Material D3 Teknik Mesin (UGM)	66
Lampiran 6. Data Hasil Pengujian Komposisi <i>Raw Material Washer (Ring)</i>	67
Lampiran 7. Data Hasil Pengukuran Berat Spesimen <i>Washer (Ring)</i>	68
Lampiran 8. Data Hasil Pengujian Kekerasan <i>Micro Vickers</i>	69
Lampiran 9. Data Hasil Pengukuran Ketebalan Lapisan <i>Hard Chrome</i> pada <i>Washer (Ring)</i>	72
Lampiran 10. Foto-Foto Penelitian	73
Lampiran 11. Standar ISO 7091:2000	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada kenyataannya dalam kehidupan sehari-hari peranan kita sebagai manusia tak lepas dari penggunaan suatu material logam hasil industri. Material logam hasil industri ini dalam proses pembuatannya dimulai dengan suatu konsep desain atau perancangan, kemudian dilakukan proses pengerjaan awal material logam dan disusul dengan pengerjaan inti, serta tahap penyelesaian sebagai tahap akhir proses pembuatan suatu produk logam hasil industri. Material logam hasil industri ini memiliki karakteristik yang berbeda-beda bergantung pada kebutuhan penggunaannya, material logam ini biasanya berupa bahan-bahan konstruksi bangunan, barang-barang kerajinan rumah tangga, dan *spare-parts* otomotif.

Di dunia otomotif sendiri, peranan suatu material logam menjadi bagian terpenting dalam proses perakitan suatu kendaraan. Berdasarkan data statistik di dunia otomotif, penggunaan kendaraan di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat. Dalam Badan Pusat Statistik (2014) dari data yang didapat pada tahun 2011 sampai tahun 2014, total jumlah penggunaan kendaraan baik itu mobil penumpang, bis, truk, dan sepeda motor adalah sebanyak 85.601.351 ditahun 2011, ditahun 2012 sebanyak 94.373.324, ditahun 2013 sebanyak 104.118.969, dan ditahun 2014 sebanyak 114.209.266.

Selain itu berdasarkan data statistik Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia (2014) dari data yang diperoleh pada tahun 2012 sampai tahun 2014,

total jumlah produksi sepeda motor untuk semua merek adalah sebanyak 7.079.721 ditahun 2012, ditahun 2013 sebanyak 7.736.295, dan pada tahun 2014 sebanyak 7.926.104.

Hal ini membuktikan bahwa dengan semakin meningkatnya penggunaan dan produksi kendaraan dari tahun ke tahun mengakibatkan pada permintaan *spare-part* otomotif semakin banyak dibutuhkan. Salah satunya adalah *washer* atau *ring*. *Washer* atau *ring* adalah suatu komponen yang sangat penting dalam hal penguncian dan proses perakitan. *Washer* atau *ring* digunakan bersamaan dengan baut, mur, sekrup dalam proses perakitan.

Dengan adanya fenomena data peningkatan penggunaan dan produksi kendaraan ini mendorong perlunya usaha untuk mencari alternatif lain yang bisa dilakukan selain proses *galvanizing* dan *hot-deep* dalam proses produksi *washer* atau *ring*. Dalam proses *galvanizing*, *washer* atau *ring* dicelupkan dalam lelehan logam seng sehingga lapisan seng menempel pada *Washer* atau *ring*. Namun dalam deret volta lapisan seng memiliki sifat mudah teroksidasi oleh oksigen sehingga menimbulkan perkaratan pada permukaan lapisan, hal ini tentu selaras dengan fungsi *washer* atau *ring* sebagai komponen yang sangat penting dalam penguncian dan pengencangan suatu komponen dalam perakitan.

Deret volta dalam ilmu kimia, menggambarkan suatu urutan kekuatan pendesakan logam terhadap ion logam yang lain. Dalam deret volta unsur yang terletak disebelah kiri unsur hidrogen lebih mudah mengalami oksidasi dibandingkan yang terletak disebelah kanan unsur hidrogen. Inti dari pernyataan ini dapat disimpulkan bahwa dalam proses *galvanizing* yang menggunakan

pelapisan seng (Zn) akan lebih mudah teroksidasi atau lebih cepat terkorosi dibandingkan dengan unsur logam yang disebelah kanan unsur seng (Zn) itu sendiri, seperti Cr (kromium), Ni (nikel), Cu (tembaga), dan Au (emas).

Dalam material untuk pembuatan *washer* atau *ring* harus memperhatikan karakteristik materialnya seperti tahan terhadap korosi, memiliki kemampuan daya pegas, tahan terhadap pembebanan statik maupun pembebanan dinamik. Selain itu material *washer* atau *ring* harus memiliki kesetimbangan kekerasan, memiliki gaya magnetik maupun non-magnetik, dan bersifat ferro maupun non-ferro.

Berkaitan dengan sifat ketahanan terhadap korosi serta kesetimbangan kekerasan yang ada kaitannya dengan fungsi pengencangan dan penguncian pada *washer* atau *ring*, maka cara lain yang dapat dilakukan selain proses *galvanizing* adalah dengan proses elektroplating. Dimana proses elektroplating menjadi salah satu proses pengerjaan akhir *washer* atau *ring* dalam ISO 7091:2000.

Proses elektroplating dapat diartikan sebagai suatu usaha untuk memindahkan ion-ion logam melalui bantuan arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit, sehingga ion-ion logam akan mengendap pada katoda membentuk lapisan logam. Dalam proses elektroplating, tipe hasil pelapisan yang memiliki sifat tahan terhadap korosi dan memiliki tingkat kekerasan yang baik adalah pelapisan *hard chrome* atau krom keras.

Pelapisan krom keras atau *hard chrome* dilakukan karena memanfaatkan sifat-sifat yang dimiliki unsur krom dalam rangka mendapatkan keuntungan. Keuntungan ini terutama berupa sifat tahan terhadap panas, korosi, erosi, dan

memiliki sifat koefisien gesek yang rendah. Berdasarkan pernyataan di atas maka penulis memutuskan untuk melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Waktu Proses *Hard Chrome* Pada *Washer (Ring)* Terhadap Ketebalan Dan Kekerasan Lapisan.”

1.2 Identifikasi Masalah

Hasil kekerasan *hard chrome* pada *washer* atau *ring* dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya faktor yang berkaitan dengan parameter-parameter pelapisan *hard chrome* seperti kuat arus, tegangan, konsentrasi elektrolit, jarak anoda-katoda, temperatur dan waktu pelapisan.

Dalam hal ini yang akan peneliti coba lakukan adalah memfokuskan pada parameter waktu pelapisan, yaitu dengan memvariasikan lamanya waktu pelapisan *hard chrome* guna mengetahui bagaimana hasil dari pengukuran tingkat ketebalan serta kekerasan lapisan pada *washer* atau *ring*.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian yang judul “Pengaruh Variasi Waktu Proses *Hard Chrome* Pada *Washer (Ring)* Terhadap Ketebalan Dan Kekerasan Lapisan”, agar tidak terlalu luas maka dalam penelitian ini permasalahan dibatasi pada :

1. Material penelitian yang digunakan adalah baja karbon rendah AISI 1006 Carbon Steel.
2. Material penelitian berbentuk *plain washer* atau *ring pelat* yang masih berupa bahan mentah (belum dilapisi) dengan diameter dalam (d_1) 22 mm, diameter luar (d_2) 37 mm, dan tebal (h) 2,4 mm.

3. Tidak membahas tentang toleransi produk pada *washer* atau *ring* yang tercantum pada ISO 4759-3:2000.
4. Tidak membahas ISO 4042:1999, ISO 10683, ISO 3269, dan ISO 6507-1:1997.
5. Tidak membahas tentang laju korosi pada baja AISI 1006 setelah dilapisi *hard chrome*.
6. Tidak membahas efisiensi katoda pada *washer (ring)* yang telah dilapisi *hard chrome*.
7. Tidak membahas tentang tingkat ketebalan dan kekerasan serta laju korosi pada *washer* atau *ring* yang dilakukan pelapisan galvanis.

1.4 Rumusan Masalah

Perumusan masalah yang dapat diambil dalam penelitian yang berjudul “Pengaruh Variasi Waktu Proses *Hard Chrome* Pada *Washer (Ring)* Terhadap Ketebalan Dan Kekerasan Lapisan”, adalah sebagai berikut:

1. Apakah variasi waktu proses *hard chrome* berpengaruh terhadap tingkat ketebalan lapisan pada *washer (ring)*?
2. Apakah variasi waktu proses *hard chrome* berpengaruh terhadap kekerasan lapisan pada *washer (ring)*?
3. Apakah variasi waktu proses *hard chrome* pada *washer (ring)* dalam penelitian ini dapat mencapai *range* kekerasan yang optimum sesuai standar ISO 7091:2000, yaitu pada kelas 100 HV dengan *range* kekerasan dari 100 HV sampai 200 HV dan pada variasi berapa menitkah?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian yang berjudul “Pengaruh Variasi Waktu Proses *Hard Chrome* Pada *Washer (Ring)* Terhadap Ketebalan Dan Kekerasan Lapisan”, adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi waktu proses *hard chrome* terhadap ketebalan lapisan pada *washer (ring)*.
2. Mengetahui pengaruh variasi waktu proses *hard chrome* terhadap kekerasan lapisan pada *washer (ring)*.
3. Mengetahui variasi waktu manakah yang tercapai optimum dan tidaknya standar ISO 7091:2000 pada kelas 100 HV dengan *range* kekerasan dari 100 HV sampai 200 HV?

1.6 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian yang berjudul “Pengaruh Variasi Waktu Proses *Hard Chrome* Pada *Washer (Ring)* Terhadap Ketebalan Dan Kekerasan Lapisan” diharapkan dapat memberikan sesuatu kontribusi yang bermanfaat sebagai berikut:

1. Penelitian ini secara umum memberikan wawasan tambahan tentang suatu pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, dan pada khususnya memberikan wawasan tambahan tentang bentuk perlakuan *washer (ring)* agar mendapatkan hasil yang terbaik.
2. Dari hasil penelitian ini diharapkan memberikan informasi dan bahan kajian yang bermanfaat dalam mencari alternatif lain pelapisan logam di dunia

industri terutama pada perlakuan pelapisan *washer (ring)* dengan menggunakan pelapisan *hard chrome*.

3. Dari hasil penelitian ini dapat memberikan suatu bentuk kontribusi inovasi baru dalam dunia industri, terutama dalam proses pelapisan *washer (ring)* dengan lapisan *hard chrome* agar menghasilkan *washer (ring)* yang kuat dan tahan korosi dengan ketentuan standar kekerasan sesuai ISO 7091:2000



BAB II

DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Pada hakikatnya dalam suatu penelitian tidak selalu dimulai dari nol, akan tetapi bisa dimulai dari yang telah ada seperti acuan-acuan yang mendasari dalam ruang penelitian yang sejenis. Oleh sebab itu perlu mengenalkan penelitian yang terdahulu sebagai bahan referensi yang relevan dalam penelitian yang akan dilakukan. Referensi penelitian terdahulu diantaranya sebagai berikut :

Penelitian pengaruh waktu elektroplating nikel-chrom terhadap kekerasan baja stainless steel AISI 304. Disimpulkan bahwa peningkatan waktu pada proses elektroplating Ni-Cr dapat meningkatkan kekerasan permukaan spesimen. Namun demikian peningkatan waktu tersebut mempunyai nilai optimum pada waktu 60 menit, apabila dinaikan lagi dapat menurunkan kekerasan permukaan spesimen. (Mulyaningsih, dkk, 2012:A360).

Penelitian pengaruh variasi waktu baja karbon rendah terhadap struktur mikro, nilai kekerasan, laju korosi dan nilai keausan spesifik. Disimpulkan bahwa *hard chromium plating* akan meningkatkan nilai kekerasan, menurunkan laju korosi dan juga menurunkan nilai keausan spesifik, nilai kekerasan dan keausan meningkat dengan bertambahnya waktu *hard chrome*. (Sutrisno, 2013:60).

Penelitian pengaruh variasi waktu dan konsentrasi larutan NaCl terhadap kekerasan dan laju korosi dari lapisan nikel elektroplating pada permukaan baja karbon sedang. Disimpulkan bahwa kenaikan lama elektroplating nikel

meningkatkan kekerasan permukaan, laju korosi meningkat jika konsentrasi NaCl naik. (Malau dan Luppia, 2011: D151).

Penelitian pengaruh waktu pelapisan nikel pada tembaga dalam pelapisan khrom dekoratif terhadap tingkat kecerahan dan ketebalan lapisan. Disimpulkan bahwa tingkat kecerahan dan ketebalan lapisan meningkat seiring meningkatnya lama pelapisan. (Suarsana, 2008:59).

Penelitian pengaruh arus listrik dan waktu proses terhadap ketebalan dan massa lapisan yang terbentuk pada proses elektroplating pelat baja. Disimpulkan bahwa kuat arus listrik dan waktu proses mempengaruhi ketebalan dan massa yang semakin meningkat. (Topayung, 2011:101).

Penelitian menguji kekuatan bahan elektroplating pelapisan nikel pada substrat besi dengan uji impak (*Impact Test*). Disimpulkan bahwa semakin lama waktu pelapisan maka massa lapisan nikel yang tertempel pada besi semakin besar, dan semakin besar energi impak yang dibutuhkan untuk merusak sampel. (Kaban, dkk, 2010:29).

Penelitian pengaruh waktu electroplating dan powdercoating NiCr terhadap sifat mekanis dan struktur mikro pada baja karbon SPCC-SD. Disimpulkan bahwa ada perbedaan tebal dan nilai uji kekerasan lapisan Ni-Cr dan lapisan krom akibat beda proses pelapisan pada waktu yang sama. (Rasyad dan Budiarto, 2011:433).

Penelitian pengaruh variasi tegangan listrik dan waktu proses *electroplating* terhadap sifat mekanis dan struktur mikro baja karbon rendah dengan krom. Disimpulkan bahwa tebal lapisan *hard chrome* dan kekerasan akan

naik seiring dengan naiknya tegangan listrik dan waktu pada proses *electroplating*. (Raharjo, 2010:296).

Penelitian analisa *chrome* deposit dan *hardness* pada proses *hard chrome* dengan variasi arus untuk roda gigi sepeda motor. Disimpulkan bahwa semakin besar arus yang diberikan semakin turun tingkat kekerasannya. Begitu juga dengan ketebalannya semakin besar arus yang diberikan, semakin tebal lapisan *chromenya*. (Widodo dan Asmoro, 2012:120).

Penelitian parameter proses pelapisan nikel terhadap ketebalan lapisan. Disimpulkan bahwa tebal lapisan nikel pada medali akan dipengaruhi oleh parameter rapat arus, temperatur, dan waktu pelapisan. Semakin lama waktu pelapisan dan semakin besar arus yang digunakan maka semakin tebal. (Santosa dan Syamsa, 2007:25).

Penelitian pengaruh kuat arus pada pelapisan *nickel* dan *nickel-hard chromium plating* terhadap sifat fisis dan mekanis permukaan baja AISI 410. Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tebal lapisan dan kekerasan meningkat bila kuat arus meningkat. (Setyo dan Malau, 2012:C17).

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Material Logam dan Sifatnya

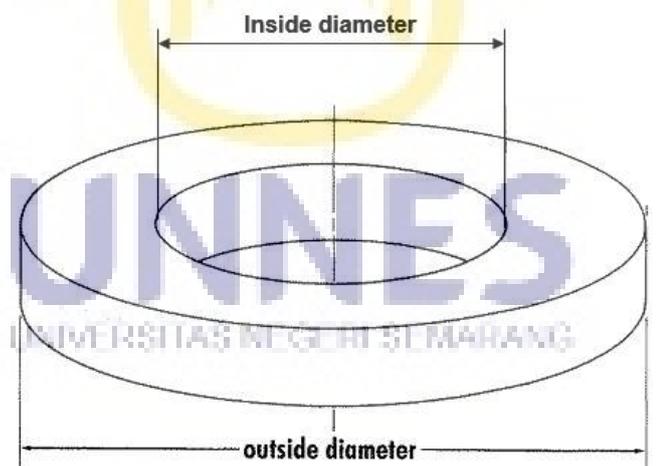
Material logam diklasifikasikan dalam dua kelas, yaitu logam fero dan logam non-fero. Logam fero memiliki unsur utama, yaitu besi (Fe). Logam fero terdiri dari besi tuang dan baja. Sementara untuk material logam lainnya yang tidak memiliki (Fe) sebagai unsur utama disebut juga dengan logam non-fero.

Dalam material logam terdapat berbagai macam sifat diantaranya sifat kimia, sifat teknologi, sifat fisika, sifat panas, sifat listrik, dan sifat mekanik. Sifat-sifat mekanik dalam material logam terdiri dari kekuatan, kekerasan, kekenyalan, kekakuan, plastisitas, ketangguhan, kelelahan, dan keretakan. (Setyobudi, 2013:16-18).

2.2.2 Baja (*Steel*)

Baja adalah suatu logam yang terdiri dari paduan besi sebagai unsur-unsur dasar dan unsur karbon sebagai unsur utamanya. Unsur karbon dalam baja memiliki fungsi sebagai unsur penguat serta sebagai unsur yang mempengaruhi kelunakannya.

2.2.3 Washer (*Ring*) dan Standar ISO



Gambar 2.1. *Flat Washer* atau *Plain Washer*
(Precision Metalforming Association, 1992:14)

Washer atau *ring* adalah suatu komponen yang memiliki peranan sangat penting dalam penguncian dan proses perakitan. *Washer* atau *ring* biasanya

digunakan bersamaan dengan baut, mur, atau sekrup dalam proses pengencangan dan perakitan. *Washer* atau *ring* terdiri dari enam kategori diantaranya adalah *flat washer*, *shoulder washer*, *tab washer*, *lock washer*, *countersunk washer*, dan *spring washer*. Berdasarkan fungsinya secara umum *washer* atau *ring* dapat dijadikan pelindung komponen yang dirakit, memperbaiki penampilan komponen, membantu penguncian dan pengencangan komponen, dan sebagai pendistribusian beban (Precision Metalforming Association, 1992:3).

Dalam material untuk pembuatan *washer* atau *ring* harus memperhatikan karakteristik materialnya seperti tahan terhadap korosi, memiliki kemampuan daya pegas, tahan terhadap pembebanan statik maupun pembebanan dinamik. Selain itu material *washer* atau *ring* harus memiliki kesetimbangan kekerasan, memiliki gaya magnetik maupun non-magnetik, dan bersifat ferro maupun non-ferro. (Precision Metalforming Association, 1992:8) Dalam *washer* atau *ring* memiliki syarat-syarat *finishing* dalam pelapisan, syarat-syarat *finishing* ini berupa hasil pelapisan yang tahan korosi, memiliki tampak rupa penampilan, bebas dari kontaminasi baja, serta memiliki oksidasi kontrol.

Berkaitan dengan *flat washer* atau *plain washer* dalam dunia internasional ada salah satu standar, standar ini berkaitan dengan dimensi *plain washer*, kelas kekerasan *plain washer*, range kekerasan *plain washer*, spesifikasi persyaratan material, penggunaan tes kekerasan, dan *finishing* permukaan. Salah satu standarnya berkaitan dengan tingkat kekerasan *flat washer* atau *plain washer* adalah ISO 7091:2000.

Dalam ISO 7091 (2000:1) lebih tepatnya ISO 7091:2000 *Plain washers – Normal series – Product grade C*, standar internasional ini menjelaskan tentang spesifikasi dan karakteristik dari *plain washer* tipe *Normal series* dengan *product grade C* dengan kelas kekerasan 100 HV, dengan urutan nominal diameter berkisar dari 1,6 mm sampai 64 mm. Pada *washer* dengan kelas kekerasan 100 HV ini cocok digunakan untuk (1) Baut-baut segi enam dan sekrup-sekrup produk grade C dengan *property classes* mencakup 6.8. (2) Mur-mur segi enam dari produk grade C dengan *property classes* mencakup 6. (3) case-hardened thread rolling screws.

Tabel 1. *Specifications and international Standards of reference*
(ISO 7091, 2000:4)

Material^a	Steel	
Mechanical properties	<i>Hardness class</i>	100 HV
	<i>Hardness range^b</i>	100 HV to 200 HV
Tolerances	<i>Product grade</i>	C
	<i>International Standard</i>	ISO 4759-3
Surface finish	<i>Plain: i.e. washers to be supplied in natural finish, treated with a protective lubricant or with other coatings as agreed by customer and supplier.</i>	
	<i>Requirements for electroplating covered in ISO 4042.</i>	
	<i>Requirements for non-electrolytically applied zinc flake coatings covered in ISO 10683.</i>	
Workmanship	<i>All tolerances shall apply prior to the application of a plating or coating</i>	
	<i>Parts shall be free of irregularities or detrimental defects. No protruding burrs shall appear on the washer.</i>	

Acceptability*Acceptance procedure covered in ISO 3269*

*a Other metallic materials as agreed between customer and supplier.**b Hardness testing according to ISO 6507-1.**Test force: HV 2 for nominal thickness $h \leq 0,6$ mm**HV 10 for nominal thickness $0,6 < h \leq 1,2$ mm**HV 30 for nominal thickness $h > 1,2$ mm*

2.2.4 Chromium (krom)

Kromium atau krom (*Chrome*) merupakan suatu unsur logam yang digunakan secara luas saat ini baik untuk keperluan perabot rumah tangga, kendaraan bermotor maupun rol logam pada dunia industri. Pemakaian unsur krom ini tidak dalam bentuk murni krom tetapi unsur krom ini dilapiskan pada benda padat sehingga benda padat tersebut terlapisi krom. Krom adalah unsur logam yang memiliki sifat keras, krom juga memiliki sifat tahan terhadap korosi berkat lapisan oksida-krom. Maka dari itu unsur krom digunakan sebagai penutup unsur logam-logam yang lain.

Unsur krom memiliki sifat fisika didalamnya. Sifat fisika krom ini merupakan unsur logam yang berwarna putih mengkilap dan kebiru-biruan. krom memiliki sifat dapat ditempa dan tahan korosi. Dalam unsur krom sendiri memiliki berat atom 51,996, titik leleh krom 2.130 °C, titik didih krom 2.945 °C, dan berat jenis krom sebesar 7,19 g/cm³. Sedangkan sifat kimia krom, didalam ion krom mempunyai bilangan oksidasi bermacam-macam +2, +3, dan +6. Perbedaan valensi ini menentukan pula sifat-sifat kimianya (Purwanto dan Huda, 2005:84).

2.2.5 Elektroplating

Elektroplating atau lapis listrik adalah suatu proses elektrolisis dengan cara mengendapkan suatu logam pelindung yang dikehendaki diatas logam lain melalui cara elektrolisis. Proses elektrolisis ini dilakukan dalam suatu bejana atau wadah berisi larutan elektrolit. Pada wadah yang berisi larutan elektrolit ini tercelup paling tidak dua elektroda, masing-masing elektroda ini dihubungkan dengan arus listrik tegangan rendah yang searah sehingga terbagi menjadi kutub positif dan negatif. Pada kutub positif dikenal dengan anoda sedangkan pada kutub negatif dikenal dengan katoda. Dalam teknologi pengerjaan suatu logam atau non logam, proses elektroplating dikategorikan sebagai suatu proses pengerjaan akhir (*Finishing*) yang dimana penggunaan logam sebagai pelapis dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan kegunaan masing-masing material.

Dalam proses elektroplating memiliki fungsi untuk memperbaiki tampak rupa (*decorative*) seperti krom dekoratif, lapis emas, perak, kuningan, dan perunggu. Tujuan dari adanya pelapisan elektroplating untuk melindungi logam dari serangan korosi, meningkatkan ketahanan logam dasar terhadap gesekan (abrasi), dan memperbaiki kehalusan/bentuk permukaan dan toleransi logam dasar.

Perbedaan utama dalam proses pelapisan logam adalah penggunaan elektroda yang disesuaikan dengan jenis larutan elektrolisisnya karena proses elektroplating mengubah sifat fisik, mekanik, dan sifat teknologi pada suatu material. Sebagai contoh perubahan fisik ketika material logam dilapisi dengan nikel adalah bertambahnya kapasitas konduktifitasnya.

Selain itu perubahan sifat mekaniknya terjadi perubahan kekerasan maupun perubahan kekuatan tarik dari material yang sudah mengalami pelapisan dengan material yang belum mengalami pelapisan. Oleh karena itu dalam proses pelapisan logam maupun non logam dapat meningkatkan sifat mekanis, melindungi logam dari korosi, dan memperindah penampilan dari logam yang dilapis (*Decorative*).

2.2.6 Prinsip Kerja Elektroplating

Prinsip kerja elektroplating sesuai dengan pernyataan hukum Faraday berbunyi jumlah zat-zat (unsur-unsur) yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisis sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit. Jumlah zat-zat (unsur-unsur) yang dihasilkan oleh arus listrik yang selama elektrolisis adalah sebanding dengan berat ekuivalen masing-masing zat tersebut (Saleh, 2014:4).

Saleh (2014:4-5) Pernyataan Faraday tersebut dapat ditulis dengan rumus berikut:

$$B = \frac{l.t.e}{F} \quad (1)$$

Dengan :

B = Berat endapan lapisan (gram).

l = Jumlah arus yang mengalir (ampere).

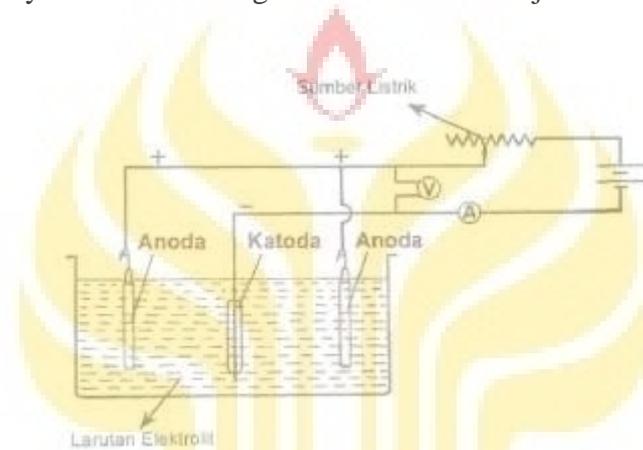
t = Waktu proses pelapisan (detik).

e = Berat ekuivalen (berat atom suatu unsur dibagi valensi unsur tersebut).

F = 96.500 C, yaitu jumlah arus listrik yang diperlukan untuk membebaskan

1 *greek* suatu zat.

Pada proses elektroplating sumber arus listrik searah dihubungkan dengan dua buah elektroda yaitu elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif merupakan anoda, dan elektroda yang dihubungkan dengan benda yang akan dilapisi merupakan katoda. Benda yang dilapisi harus menghantarkan arus listrik, selanjutnya kedua buah elektroda dicelupkan dalam larutan elektrolit karena dalam prosesnya nanti arus mengalir dari anoda menuju katoda melalui elektrolit.



Gambar 2.2. Rangkaian Proses Elektroplating
(Saleh, 2014:6)

2.2.7 Parameter-Parameter Proses Elektroplating

Dalam proses elektroplating agar mendapatkan hasil dan kualitas yang baik harus memperhatikan parameter-parameter sebagai berikut:

1. Rapat arus

Rapat arus dalam proses elektroplating dapat diatur, makin tinggi rapat arus, makin meningkat kecepatan pelapisan dan dapat memperkecil ukuran/bentuk kristal. Rapat arus biasanya dalam kondisi operasi larutan sebesar 10-40 A/dm². Akan tetapi bila rapat arus yang digunakan terlalu tinggi akan mengakibatkan lapisan kasar, bersisik dan akan terbakar hitam.

2. Tegangan

Tegangan dalam proses elektroplating diperlukan tergantung dari jenis, komposisi dan kondisi elektrolit. Tegangan listrik biasanya yang digunakan 6-12 volt. Rapat arus dapat dinaikan dengan menaikkan tegangan, akan tetapi hal ini dapat menyebabkan terjadinya polarisasi dan tercapainya tegangan batas. Selain itu kuat arus yang digunakan 10 Ampere.

3. Temperatur

Temperatur dalam proses elektroplating yang terlalu rendah dan rapat arus yang cukup optimum akan mengakibatkan hasil pelapisan menjadi kasar dan kusam, tetapi jika temperatur tinggi dengan rapat arus yang optimum maka hasil pelapisan tidak merata. Temperatur yang digunakan biasanya berkisar 40-55°C.

4. Waktu pelapisan

Waktu pelapisan pada proses elektroplating akan mempengaruhi terhadap kuantitas hasil dari pelapisan yang terjadi dipermukaan produk yang dilapis. Waktu pelapisan pada proses elektroplating yang digunakan biasanya dibawah 60 menit.

5. Konsentrasi elektrolit

Konsentrasi elektrolit selama proses elektroplating berlangsung akan mengalami perubahan terutama karena adanya penguapan dan perpindahan ion-ion logam dari larutan yang mengendap di katoda. Konsentrasi larutan elektrolit 250-400 g/L CrO_3 dan 2,5-4 g/L H_2SO_4 .

6. Jarak anoda

Jarak anoda-katoda dalam proses elektroplating menentukan hantaran arus listrik dan sangat berpengaruh terhadap keseragaman tebal lapisan. Besar hantaran berbanding terbalik dengan jarak, maksudnya adalah jika jarak yang digunakan semakin dekat maka endapan lapisan akan semakin cepat dan jika jarak yang digunakan semakin jauh maka endapan lapisan akan semakin lambat.

2.2.8 Proses Pengerjaan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Dalam pelapisan logam secara listrik atau elektroplating harus ada proses pengerjaan pendahuluan, dimana proses pengerjaan pendahuluan dilakukan sebelum logam dilapisi. Pengerjaan pendahuluan ini bertujuan untuk meningkatkan daya ikat dan lekat antara lapisan dengan bahan yang dilapisi. Proses pengerjaan awal dibagi menjadi dua yaitu pengerjaan mekanik dan pengerjaan kimia. Proses pengerjaan mekanik terdiri dari pengerjaan *polishing*, dan *buffing*. Sedangkan proses pengerjaan kimia terdiri dari pengerjaan cuci lemak (*degreasing*), dan pengerjaan cuci asam (*pickling*).

1. Pengerjaan Mekanik

Pengerjaan mekanik bertujuan untuk menghilangkan kerak pada permukaan benda kerja.

a. *Polishing*

Polishing merupakan suatu bentuk pengerjaan untuk menghilangkan kotoran pada bagian permukaan benda kerja. Tujuan pengerjaan ini agar diperoleh hasil berupa permukaan yang halus. Pengerjaan ini

menggunakan mesin polishing yang terdiri dari *abrasive* dalam berbagai ukuran, mulai dari *abrasive* kasar, sedang kemudian yang paling halus.

b. *Buffing*

Buffing merupakan suatu bentuk pengerjaan berupa semacam pemolesan dengan menggunakan *abrasive* yang sangat halus. Bahan *abrasive* pada mesin *buffing* ini berbentuk batangan, bahan campuran ini selanjutnya dipergunakan pada roda *buffing*. Mesin *buffing* ini digunakan untuk mengilapkan bagian permukaan benda kerja.

2. Pengerjaan Kimia

Pengerjaan kimia bertujuan untuk membersihkan sisa-sisa lemak, lilin, kotoran, dan bahan sisa-sisa pemoles *buffing*.

a. *Degreasing*

Pembersihan *degreasing* ini merupakan pembersihan metode celup dilakukan dengan cara merendam benda kerja kedalam larutan basa (alkalin) pada kondisi panas dengan suhu 60-70°C selama 5-15 menit. Larutan basa yang digunakan biasanya berupa sabun cuci.

b. *Pickling*

Pembersihan *pickling* ini merupakan pembersihan dengan metode pencucian dengan asam bertujuan untuk membersihkan permukaan benda kerja dari oksida atau karat dan sejenisnya secara kimia melalui perendaman. Larutan pembersihan ini biasanya terbuat dari pencampuran air bersih dengan asam berupa HCL, H₂SO₄, dan HF.

2.2.9 *Hard Chrome* (Krom Keras)

Krom keras adalah suatu bentuk pelapisan memiliki koefisien gesek yang rendah, kekerasan yang tinggi, resistensi yang tinggi terhadap korosi dan kemampuan untuk menahan temperatur tinggi. Pada umumnya pelapisan krom keras dilakukan diatas permukaan yang mengalami kerusakan yang diakibatkan kecelakaan dan keausan komponen mesin. Proses pelapisan krom keras (*hard chrome*) adalah suatu proses pelapisan krom dimana krom diendapkan secara langsung pada logam dasar tanpa menggunakan lapisan dasar terlebih dahulu.

Ketahanan lapisan krom keras terhadap korosi tergantung tebal lapisan krom, tebal lapisan 8-10 mikron cukup efektif melindungi logam dasar terhadap media korosif yang ringan, tebal 13-18 mikron cukup mampu menahan korosi di atmosfer, sedangkan ketebalan 50-75 mikron cukup efektif untuk melindungi terhadap reaksi kimia (Saleh, 2014:115).

2.2.10 Pengukuran Ketebalan Lapisan

Ketebalan lapisan merupakan jarak yang tercipta antara permukaan base material dengan permukaan yang melapisi base material. Dalam pengukuran ketebalan atau pengujian ketebalan lapisan, dibedakan menjadi dua cara pengujian diantaranya sebagai berikut :

1. Pengujian yang merusak

Pengujian yang merusak adalah suatu pengujian yang dilakukan pada spesimen dengan cara memotong spesimen menjadi 2 atau 3 bagian, selanjutnya potongan permukaan tersebut difoto dengan pembesaran foto

tertentu. Yang kemudian foto tersebut dianalisis dengan membandingkan skala pengukuran.

2. Pengujian yang tidak merusak

Pengujian yang tidak merusak adalah suatu pengujian yang dilakukan pada spesimen tanpa merusak spesimen tersebut. Metode pengujian ini menggunakan ultrasonik dengan menggunakan alat *Coating Thickness Gauge Dualscope MPOR*.



Gambar 2.3. Coating Thickness Gauge Dualscope MPOR
(Helmut Fischer GmbH, 2006:1)

(Helmut Fischer GmbH, 2006: 8) Prosedur pengoperasian *Coating*

Thickness Gauge Dualscope MPOR sebagai berikut:

1. Nyalakan alat *Coating Thickness Gauge Dualscope MPOR* dan tempelkan ke spesimen yang akan diukur ketebalan lapisannya.
2. Tunggu sampai alat ini memunculkan bunyi sinyal suarai “bip”
3. Setelah bunyi “bip”, angka hasil pengukuran akan muncul dilayar.
4. Catat hasil pengukuran yang tertera dilayar beserta satuannya.

2.2.11 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah suatu prinsip dasar yang digunakan sebagai ukuran kekerasan pada metode penekanan, metode penekanan ini ialah ketahanan

bahan terhadap deformasi plastis atau dengan kata lain, ukuran bekas penekanan merupakan ukuran kekerasan suatu material. (Daryanto, 1985:74).

Pengujian kekerasan *micro vickers* menggunakan indentor yang terbuat dari intan. Indentor ini berbentuk piramida bujur sangkar dengan sudut 136° dan pembebanan dilakukan konstan 10 sampai 15 detik. Kemudian hasil bekas penekanan diukur menggunakan mikroskop. (Hsu, 2005:10).



Gambar 2.4. Micro Hardness Tester
(Mulyaningsih, dkk 2012:A363)

(Peace, 2011:4-5) Prosedur pengoperasian *Micro Hardness Tester* sebagai berikut:

1. Nyalakan *Micro Hardness Tester*.
2. Pasang indentor *vickers* jika belum terpasang.
3. Putar lensa dengan 40 kali pembesaran pada tempatnya.
4. Tekan tombol *zero* untuk mengkalibrasi garis pengukuran yang tertera di monitor.
5. Putar lensa ke mode non fokus.
6. Masukkan spesimen ke meja kerja.

7. Fokuskan lensa ke spesimen.
8. Seting pembebanan yang di inginkan (10-1000gr).
9. Putar ke mode indentor mengarah ke spesimen.
10. Tekan tombol *start* dan tunggu 10 sampai 15 indentor tersebut menusuk spesimen.
11. Setelah proses penusukan selesai, putar kembali lensa dengan 40 kali pembesaran ke posisi menghadap spesimen
12. Ukur diagonal pertama dengan dua garis pengukur yang tertera di monitor dari sudut ke sudut.
13. Tekan tombol di lensa untuk menyimpan hasil pengukuran ke dalam memori alat.
14. Putar *handle* lensa 90° dan lakukan pengukuran untuk diagonal kedua, pengukuran menggunakan dua garis pengukur yang tertera di monitor.
15. Tekan tombol di lensa kembali untuk menyimpan hasil pengukuran.
16. Catat hasil pengukuran yang tertera di monitor beserta satuannya.

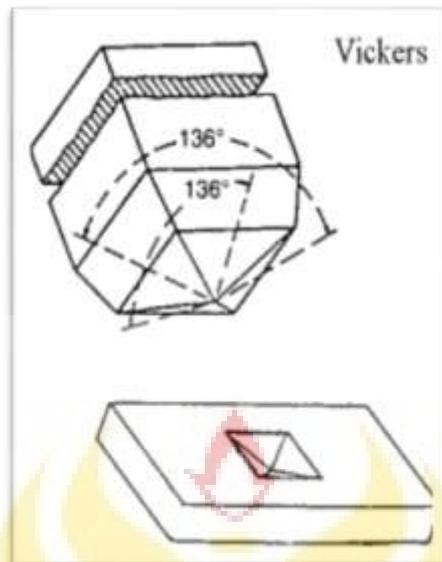
Daryanto (1985:75) “Rumus skala kekerasan vickers” dihitung sebagai berikut:

$$HV = \text{Kekerasan Vickers} = \frac{\text{beban}}{\text{luas penekanan}} = 1,854 \frac{P}{d^2} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \quad (2)$$

Dengan:

P = beban indentasi (kgf)

D = rata-rata diameter jejak indentor (mm)



Gambar 2.5. Indentor Piramid Intan pada Metode Vickers
(Hsu, 2005:9)

2.3 Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir pada penelitian ini didasari pada suatu komponen kecil yang memiliki peranan penting dalam proses perakitan (*assembling*) yang dimana komponen ini dalam proses pemakaiannya sebagai penguncian, pengencangan, pendistribusian beban, memperbaiki penampilan, dan pelindung komponen yang dirakit.

Komponen kecil ini adalah *washer* atau *ring* dalam proses perakitan (*assembling*) ini, *washer* atau *ring* harus memiliki nilai kekerasan sesuai standar ISO, tahan terhadap goresan, tahan terhadap panas, serta tahan korosi. Hal ini selaras dengan fungsi *washer* atau *ring* sebagai penguncian, pengencangan, dan pendistribusian beban. Sehingga tidak menimbulkan sesuatu yang membahayakan dalam keselamatan serta tidak menimbulkan ketidaknyamanan saat berkendara.

Untuk itu dilakukanlah perlakuan pada *washer* atau *ring* dengan memberi lapisan permukaan dengan menggunakan logam lain yang memiliki sifat nilai

kekerasan yang baik, tahan terhadap goresan, tahan terhadap panas, serta tahan korosi. Maka dari itu perlu alternatif lain selain proses *galvanizing* dilakukan yaitu proses pelapisan *hard chrome* dengan elektroplating.

Dalam penelitian pengaruh variasi waktu proses *hard chrome* pada *washer* atau *ring* terhadap hasil uji kekerasan, menjelaskan bahwa variasi waktu adalah komponen yang akan menjadi tolak ukur tingkat kekerasan dan tingkat ketebalan lapisan nantinya.

Dari penjelasan hukum faraday, dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini dengan memvariasikan waktu proses *hard chrome*, memiliki peranan penting dalam pelapisan karena pada dasarnya variasi lamanya waktu proses *hard chrome* akan sebanding dengan berat zat-zat yang mengendap pada material *washer* atau *ring* yang dilapisi, dapat diartikan pula jika proses *hard chrome* dilakukan dalam kurun waktu yang lama maka zat-zat yang mengendap pada *washer* atau *ring* akan semakin banyak dan mengakibatkan berat endapan bertambah. Namun apabila proses *hard chrome* dilakukan dalam kurun waktu yang singkat maka zat-zat yang mengendap pada *washer* atau *ring* akan semakin sedikit dan mengakibatkan berat endapan berkurang.

Selain itu dalam hal tingkat kekerasan lapisan yang berkaitan dengan lama waktu pelapisan hasil elektroplating, dalam penelitiannya menurut Mulyaningsih, dkk (2012:A360) Peningkatan waktu pada proses elektroplating Ni-Cr dapat meningkatkan kekerasan permukaan spesimen. Namun demikian peningkatan waktu tersebut mempunyai nilai optimum pada waktu 60 menit, apabila waktu dinaikkan lagi dapat menurunkan kekerasan permukaan spesimen.

Dengan demikian dalam penelitian pengaruh variasi waktu proses *hard chrome* pada *washer (ring)* terhadap ketebalan dan kekerasan lapisan, dengan memvariasikan lama waktu dari 8 menit, 12 menit, 16 menit, dan 20 menit. Dapat diduga jika memvariasikan lama waktu pada proses *hard chrome* di bawah waktu pelapisan 60 menit maka lapisan logam yang terbentuk, berat endapan yang didapat, ketebalan yang didapat semuanya akan ikut bertambah termasuk nilai tingkat kekerasan juga akan terus meningkat.

Dengan hal ini bisa diketahui dan dikaitkan, variasi waktu mana yang memiliki nilai tingkat kekerasan yang optimum masuk dan sesuai dengan ISO 7091:2000 dimana *range* tingkat kekerasan *washer* atau *ring* adalah 100 HV sampai 200 HV. Sehingga fungsi *washer* atau *ring* sebagai komponen perakitan, pengencangan, penguncian, dan pendistribusian beban dapat terpenuhi dengan optimum.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil simpulan bahwa:

1. Ada perbedaan yang signifikan pada selisih rata-rata berat endapan, ketebalan, dan kekerasan dalam satu proses dan variasi. Perbedaan ini dikarenakan faktor distribusi arus dan faktor gelembung gas hidrogen pada saat proses pelapisan berlangsung.
2. Semakin lama proses pelapisan *hard chrome* pada *washer (ring)* dalam penelitian ini membuktikan, bahwa semakin lama proses pelapisan *hard chrome* maka endapan lapisan yang terbentuk akan semakin bertambah. Hal ini mengakibatkan ketebalan lapisan yang terbentuk juga semakin tebal. Nilai tertinggi ketebalan lapisan terjadi pada variasi waktu 20 menit dengan rata-rata sebesar 10,41 μm , dan yang memiliki nilai ketebalan tertipis terjadi pada waktu pelapisan 8 menit dengan rata-rata ketebalan 4,16 μm .
3. Semakin lama waktu pelapisan *hard chrome* pada *washer (ring)* dengan variasi 8 menit, 12 menit, 16 menit, dan 20 menit, akan mengakibatkan semakin meningkatnya nilai kekerasan lapisan. Pada penelitian ini laju peningkatan kekerasan lapisan *hard chrome* tertinggi terjadi pada variasi waktu 20 menit, yaitu dengan rata-rata nilai kekerasan lapisan mencapai 666,16 VHN. Kemudian nilai kekerasan lapisan *hard chrome* terendah terjadi pada variasi

waktu 8 menit yaitu dengan rata-rata nilai kekerasan lapisan mencapai 167 VHN.

4. Pada variasi waktu 8 menit proses *hard chrome* pada *washer (ring)*, sudah dapat mencapai nilai rata-rata kekerasan optimum sebesar 167 VHN. Di mana di dalam standar ISO 7091:2000 pada kelas 100 VHN, nilai kekerasan 167 VHN sudah masuk dalam range kekerasan yang sesuai standar.

5.2 Saran

Untuk bisa mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan *hard chrome* pada penelitian ini, maka penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Jika dilakukan penelitian lebih lanjut, maka untuk mencapai standar ISO 7091:2000 pada kelas 100 VHN cukup menggunakan waktu pelapisan 8 menit.
2. Dalam proses pelapisan *hard chrome* harus lebih diperhatikan dalam proses pengerjaan awal agar hasil yang diperoleh dapat lebih maksimal.
3. Jika dilakukan penelitian lebih lanjut, maka dalam prosesnya harus lebih meminimalisir terjadinya gelembung-gelembung gas hidrogen agar hasil yang diperoleh bisa lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials. 2004. *Handbook of Comparative World Steel Standards*. Third Edition. Danvers: ASTM.
- Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia. 2014. Motorcycle Production Wholesales Domestic and Exports. <http://www.aisi.or.id/statistic/>. Diakses pada tanggal 14 Januari 2015 (00:15).
- Badan Pusat Statistik. 2014. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenisnya 1949-2014. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>. Diakses pada tanggal 14 Desember 2015 (19:29).
- Daryanto. 1985. *Mekanika Teknik Mesin*. Jakarta: Bina Aksara.
- Helmut Fischer GmbH. 2006. *Operator's Manual for The Coating Thickness Measuring Instrument*. Sindelfingen: Institute for Electronics and Measuring Technology.
- Hsu, C. H. 2005. *Materials Science and Engineering Laboratory*. Department of Mechanical Engineering, Mechatronic Engineering, and Manufacturing Technology. Chico: California State University.
- Irawan, Prasetya. 1999. *Logika dan Prosedur Penelitian*. Jakarta: Stia-Lan Press.
- ISO. 2000. ISO 7091 Second Edition Plain Washers-Normal Series-Product Grade C. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:7091:ed-2:v1:en>. Diunduh pada tanggal 5 Januari 2015 (09:45).
- Kaban, H., S. Niar, dan Jorena. 2010. Menguji Kekuatan Bahan Elektroplating Pelapisan Nikel pada Substrat Besi dengan Uji Impak (Impact Test). *Jurnal Penelitian Sains*, Volume 13, Nomor 3 (B) 13305: 27-30.
- Malau, V., dan N. S. Luppia. 2011. Pengaruh Variasi Waktu dan Konsentrasi Larutan NaCl Terhadap Kekerasan dan Laju Korosi dari Lapisan Nikel Elektroplating pada Permukaan Baja Karbon Sedang. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2 Tahun 2011. Universitas Wahid Hasyim Semarang*: D147-D152.
- Mulyaningsih, N., P. T. Iswanto, dan Soekrisno. 2012. Pengaruh Waktu Elektroplating Nikel-Chrom Terhadap Kekerasan Baja Stainless Steel AISI 304. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi (SNAST) Periode III 3 November 2012. Universitas Gadjah Mada*: A360-A366.

- Peace, Robert. 2011. *Vickers Hardness Testing with the Mitutoyo MVK-H1 Microhardness Tester*. Saskatoon: University of Saskatchewan.
- Precision Metalforming Association. 1992. Fact About Washers 4th Edition. <http://www.wroughtwasher.com/assets/files/FactAboutWashers.pdf>. Diunduh pada tanggal 03 Januari 2015 (07:54).
- Purwanto, dan S. Huda. 2005. *Teknologi Industri Elektroplating*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Raharjo, Samsudi. 2010. Pengaruh Variasi Tegangan Listrik dan Variasi Waktu Proses Electroplating Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah dengan Krom. *Prosiding Seminar Nasional Unimus 2010*. Volume 3. Nomor 1. *Universitas Muhammadiyah Semarang*: 296-308.
- Rasyad, A., dan Budiarto. 2011. Pengaruh Waktu Electroplating dan Powdercoating NiCr Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro pada Baja Karbon SPCC-SD. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir IV 2011*. Pusat Pengembangan Energi Nuklir. *Badan Tenaga Nuklir Nasional*: 424-434.
- Saleh, Azhar A. 2014. *Electroplating Teknik Pelapisan Logam dengan Cara Listrik*. Bandung: Yrama Widya.
- Santosa, B., dan M. Syamsa. 2007. Pengaruh Parameter Proses Pelapisan Nikel Terhadap ketebalan Lapisan. *Jurnal Teknik Mesin*. Volume 9. Nomor 1: 25-30.
- Setyo, Noor., dan V. Malau. 2012. Pengaruh Kuat Arus pada Pelapisan Nickel dan Nickel-Hard Chromium Plating Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Permukaan Baja AISI 410. *Prosiding SNST ke-3 Tahun 2012*. *Universitas Wahid Hasyim Semarang*: C17-C22.
- Setyobudi, Agung. 2013. *Teknologi Mekanik*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Suarsana, I., K. 2008. Pengaruh Waktu Pelapisan Nikel pada Tembaga dalam Pelapisan Khrom Dekoratif Terhadap Tingkat Kecerahan dan Ketebalan Lapisan. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*. Volume 2. Nomor 1: 48-60.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Bandung: Alfabeta.
- Sutrisno. 2013. Pengaruh Variasi Waktu Baja Karbon Rendah Terhadap Struktur Mikro, Nilai Kekerasan, Laju Korosi dan Nilai Keausan Spesifik. *Jurnal Politeknosains*. Volume XII. Nomor 2: 52-61.

Topayung, D. 2011. Pengaruh Arus Listrik dan Waktu Proses Terhadap Ketebalan dan Massa Lapisan yang Terbentuk pada Proses Elektroplating Pelat Baja. *Jurnal Ilmiah Sains*. Volume 11. Nomor 1: 97-101.

Widodo, B., dan W. P. Asmoro. 2012. Analisa Chrome Deposit dan Hardness pada Proses Hard Chrome dengan Variasi Arus untuk Roda Gigi Sepeda Motor. *Jurnal Teknologi Technoscientia*. Volume 4. Nomor 2: 120-127.

