



PROYEK AKHIR - VK180626

**ANALISA PENGARUH WAKTU PENCELUPAN
PADA PROSES *QUENCHING* TERHADAP
STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN PISAU**

AGUNG WIJANARKO
NRP. 1041 16 00000 084

RIZKI AGUNG RAHMANTO
NRP. 1041 16 00000 108

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng.
NIP. 19630805 198903 2 002

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019



TUGAS AKHIR – VK180626

**Analisa Pengaruh Waktu Pencelupan pada Proses
Quenching Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan
Pisau**

Agung Wijanarko
NRP. 1041 16 00000 084

Rizki Agung Rahmanto
NRP. 1041 16 00000 108

Dosen Pembimbing :
Dr.Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng
NIP. 19630805 198903 2 002

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**



FINAL PROJECT – VK180626

Analysis of Effect of Dyeing Time on Quenching Proses Against Micro Structure and Knife Hardness

Agung Wijanarko
NRP. 1041 16 00000 084

Rizki Agung Rahmanto
NRP. 1041 16 00000 108

Supervisor :
Dr.Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng
NIP. 19630805 198903 2 002

**DEPARTEMEN OF INDUSTRIAL CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF VOCATIONAL
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2019**

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL : ANALISA PENGARUH WAKTU PENCELUPAN PADA PROSES QUENCHING TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN PISAU

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

Agung Wijanarko

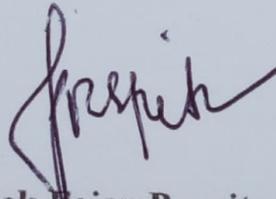
(NRP 10411600000084)

Rizki Agung Rahmanto

(NRP 10411600000108)

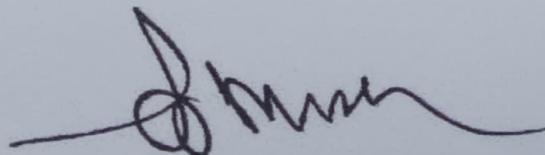
Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Niniek Pajar Puspita, M.Eng.
NIP. 19630805 198903 2 002

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Kimia Industri
FV-ITS



Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP. 19580312 198601 1 001

SURABAYA, 20 JULI 2019

LEMBAR REVISI

Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil ujian tugas akhir pada tanggal 19 Juli 2019 untuk tugas akhir dengan judul

“Analisa Pengaruh Waktu Pencelupan pada Proses Quenching Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Pisau”,

yang disusun oleh :

Agung Wijanarko
Rizki Agung Rahmanto

(NRP 10411600000084)
(NRP 10411600000108)

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc

2. Ir. Agus Surono, M.T.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng.

SURABAYA, 20 JULI 2019

Analisa Pengaruh Waktu Pencelupan pada Proses Quenching Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Pisau

Nama Mahasiswa : 1. Agung Wijanarko
10411600000084
2. Rizki Agung R
10411600000108
Departemen : Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi - ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M. Eng

ABSTRAK

Produksi pisau buatan tangan yang dibuat oleh pande besi dipengaruhi oleh keterampilan yang sangat diperlukan dan diperoleh secara turun temurun. Di Kota Surabaya, produksi pisau ini atau pengasahan pisau, masih mempunyai pasar yang besar khususnya saat menjelang Hari Raya Qurban. Karena keterampilan tersebut mampu menghasilkan mata pisau yang tajam. Namun, keterampilan yang melekat ini sulit untuk ditransfer ke orang lain secara eksplisit. Lebih dari itu, produksi ini tidak kompetitif, jika dibandingkan dengan produk pabrikan. Sehingga tujuan proyek akhir ini yaitu mempelajari mekanisme proses pembuatan pisau dari baja bekas pegas daun di pande besi UD Mannan di Bratang Kota Surabaya, mengetahui pengaruh waktu pencelupan pada media quenching terhadap kekerasan dan struktur mikro, dan pengaruh penambahan pelapisan pelindung dengan teknik elektroplating. Baja bekas pegas daun (JIS SUP 9A) yang termasuk dalam baja paduan karbon sedang yang mengandung kadar 0.38-0.45 % C, dilakukan quenching relatif lambat dengan media oli, sambil berulang kali di gosok ke bara api dari arang kayu jati dan memberikan hasil uji rata-rata kekerasan terhadap mata pisau, bagian tengah, dan bagian lain yaitu sebesar 50,04 , 36,9, dan 37,98 HRC. Hal ini menunjukkan bahwa mata pisau yang dihasilkan lebih tajam. Hasil uji metalografi terhadap specimen tanpa quenching menunjukkan mikrostruktur kombinasi Ferit dan Perlit, sedangkan dengan quenching menunjukkan kombinasi austenit sisa dan martensit. Perlakuan pelapisan timah krom dalam media asam terhadap pisau yang dihasilkan memberikan hasil kekerasan 63.8 HRC.

Kata kunci : Pisau Dapur, Baja Pegas Daun, Waktu quenching, Elektroplating

Analysis of Effect of Dyeing Time on Quenching Process Against Micro Structure and Knife Hardness

Name : 1. Agung Wijanarko
10411600000084
2. Rizki Agung R
10411600000108
Departement : Industrial Chemical Engineering
Faculty Vocation Studies - ITS
Supervisor : Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M. Eng

ABSTRACT

Skilled hand made knife production influenced by the indispensable human skills obtained hereditarily. In Surabaya City, the production of hand made knives or sharpening of knives, still especially have a big market place ahead of Eid al-Adha. Because the skilles capable of producing the sharp baldes. However, the the tacid knowledge get from personal experience hereditarily is difficult to explicitly transfer to another person. Furhermore, this production is not competitive, if compared with the manufacturing products. So the aims of final project are to study hereditarily mechanism processing of kitchen knives from used steel leaf springs belonging to UD Mannan, in Surabaya City, to find out the effect of quenching time in oil medium toward the hardness and microstructure of the knives processed, and additional effect of coating with electroplating techniques to knives. As result, the blade made of steel leaf springs (JIS SUP 9A) that containing of 038-0.45 % C, is treated by quenching relatively slow in oil medium, while rubbed repeatedly at the graetly heated charcoal made of teak wood, and give the average hardness of blade, middle and an other part that are 50,04, 36,9 and 37,98 . HRC. This indicate the treated blade is sharper than other parts. the result of metallographic test toward the specimens without quenching indicates the combination of Ferrite and Perlite, while with quenching indicates combination of residual austensite and martensite. Coating treatment with lead-chrome in the acid medium toward the specimen results the hardness of 63.8 HRC.

Keywords: Kitchen Knife, Leaf Spring Steel, Quenching Time, Electroplating

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan bagi seluruh alam. Hanya dengan Rahmat dan Hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir kami yang berjudul “ Analisa Pengaruh Waktu Pencelupan Pada Proses *Quenching* Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Pada Pisau ”.

Tugas akhir ini disusun sebagai tugas yang harus ditempuh dan diselesaikan di akhir semester ini sebagai persyaratan kelulusan Program Studi Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi-ITS. Tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah mahasiswa dapat memahami dan mampu mengenal prinsip-prinsip perhitungan dari peralatan-peralatan industri terutama industri kimia yang telah dipelajari di bangku kuliah serta aplikasinya dalam sebuah perencanaan pabrik.

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan serta bimbingan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini, antara lain kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kami Rahmat, Hidayah-Nya serta memberikan kesabaran dan kekuatan yang tidak terkira kepada hamba-Nya.
2. Ayah, Ibu, adik, serta keluarga yang senantiasa telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis secara moril dan materiil serta do'a yang membuat penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu serta usaha yang maksimal.
3. Kepala Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi-ITS, Ir. Agung Subyakto, M.S.
4. Ketua Program Studi Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi-ITS, Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng.
5. Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi-ITS, Dr. Eva Oktavia Ningrum, S.T. M.S.

6. Ibu Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng. sebagai Dosen pembimbing yang selalu mengawasi dan membantu dalam menyelesaikan tugas akhir.
7. Segenap Dosen, staff dan karyawan Program Studi Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
8. Pak Warmin selaku dosen dan Pak Mantri selaku karyawan Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
9. Rekan-rekan seperjuangan, angkatan 2016 Program Studi Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
10. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak jika dalam proses dari awal sampai akhir penulisan penelitian Tugas Akhir ini ada kata-kata atau perilaku yang kurang berkenan. Terima kasih atas perhatiannya dan kerjasamanya.

Surabaya, Juli 2019
TTD

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR GRAFIK	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	I-1
1.2 Perumusan Masalah	I-4
1.3 Batasan Masalah	I-4
1.4 Tujuan Inovasi Proses	I-5
1.5 Manfaat Inovasi Produksi	I-5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Baja	II-1
2.2 Baja Pegas	II-2
2.3 Perlakuan Panas.....	II-3
2.4 Pengerasan	II-5
2.5 Tempering	II-4
2.5.1 Dekomposisi Martensit	II-5
2.6 Pisau Dapur	II-7
2.6.1 Proses Pembuatan Pisau Dapur	II-8
2.7 Teknologi Pelapisan	II-9
2.8 Elektroplating	II-10
2.9 Elektrolisis	II-11
2.10 Hukum Elektrolisis Faraday.....	II-14
2.11 Chromium Plating	II-17
2.12 Chromium (Cr)	II-19
2.13 Asam Kromat	II-21

2.14 Korosi	II-23
2.14.1 Korosi Udara	II-23
2.14.2 Korosi Tanah dan Lingkungan	II-24
2.14.3 Penilaian Kerusakan Oleh Korosi	II-25

BAB III. METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK

3.1 Proses Pembuatan Pisau secara Tradisional	III-1
3.1.1 Bahan yang digunakan	III-1
3.1.2 Peralatan yang digunakan	III-1
3.1.3 Prosedur Pembuatan Pisau	III-1
3.2 Proses Pencelupan Media <i>Quenching</i>	III-2
3.2.1 Bahan yang digunakan	III-2
3.2.2 Peralatan yang digunakan	III-2
3.2.3 Prosedur <i>Quenching</i>	III-2
3.3 Proses Elektroplating	III-2
3.3.1 Bahan yang digunakan	III-2
3.3.2 Peralatan yang digunakan	III-3
3.3.3 Variabel yang digunakan	III-3
3.3.4 Prosedur Proses Elektroplating	III-3
3.4 Proses Uji Analisa	III-4
3.4.1 Bahan yang digunakan	III-4
3.4.2 Peralatan yang digunakan	III-4
3.4.3 Prosedur Uji Analisa	III-5
3.5 Diagram Alir Percobaan	III-7
3.5.1 Diagram Alir Percobaan Proses Pembuatan Pisau	III-7
3.5.2 Diagram Alir Percobaan Proses Elektroplating	III-8
3.6 Gambar Alir Percobaan	III-9

BAB IV. HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengamatan <i>Tacid Knowledge</i> untuk Pembuatan pisau	IV-1
4.2 Pengujian Struktur Mikro dan Kekerasan..	IV-4
4.3 Hasil Proses Elektroplating	IV-6
4.3.1 Pengukuran Ketebalan Lapisan <i>Coating</i> hasil proses elektroplating	IV-8
4.3.2 Pengujian Laju Korosi	IV-12
4.3.2 Pengujian Uji <i>Hardness</i>	IV-18
BAB V. NERACA MASSA	
5.1 Neraca Massa	V-1
BAB VI. NERACA PANAS	
6.1 Neraca Panas Pisau Dapur	VI-1
6.2 Neraca Panas Elektroplating	VI-6
BAB VII. ESTIMASI BIAYA	
7.1 Estimasi Biaya Pisau Dapur	VII-1
7.2 Estimasi Biaya Elektroplating	VII-4
BAB VIII. PENUTUP (KESIMPULAN DAN SARAN)	
8.1 Kesimpulan	VIII-1
8.2 Saran	VIII-2
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR PUSTAKA	xvi
LAMPIRAN :	
1. APPENDIKS A	
2. APPENDIKS B	
3. APPENDIKS C	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Baja Pegas Daun	II-1
Gambar 2.2	Diagram Fe-Fe ₃ C	II-3
Gambar 2.3	Daerah Tempering <i>Quenching</i>	II-4
Gambar 2.4	Skema struktur yang terjadi pada pemanasan <i>Martensite</i> dari baja <i>eutectoid</i>	II-6
Gambar 2.5	Skema Elektropalting	II-13
Gambar 4.1	Diagram Fasa Fe-Fe ₃ C	IV-2
Gambar 4.2	Derah Temperature <i>Quenching</i>	IV-3
Gambar 4.3	Perbedaan Kurva Pendinginan : a. pendinginan air	IV-3
Gambar 4.3	Perbedaan Kurva Pendinginan : b. pendinginan oli	IV-3
Gambar 4.4	Pengamatan Struktur Mikro dengan Pembesaran 500x tanpa <i>quenching</i>	IV-5
Gambar 4.5	Pengamatan Struktur Mikro dengan Pembesaran 500x dengan <i>quenching</i>	IV-6
Gambar 4.6	Sebelum dan Sesudah Elektrolating	IV-7
Gambar 4.7	Pengamatan Visual Spesimen Uji <i>Weight loss</i>	IV-14

DAFTAR GRAFIK

- Grafik 4.1** Hubungan antara Nilai Ketebalan dengan Konsentrasi H_2CrO_4 IV-11
- Grafik 4.2** Hubungan antara Laju Korosi dengan Konsentrasi H_2CrO_4 IV-17
- Grafik 4.3** Hubungan antara Kekerasan dengan Konsentrasi H_2CrO_4IV-20
- Grafik 7.1** *Break Even Point* (BEP) VII-12

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Kimia Baja Pegas Daun.....	II-7
Tabel 2.2	Proses <i>Coating</i> yang digunakan Untuk Perlindungan Permukaan	II-10
Tabel 2.3	Parameter untuk Melakukan Chromium Plating	II-19
Tabel 2.4	<i>Sulfate bath for hard chromium plating...</i>	II-23
Tabel 2.5	Overview dari Lima Kelas Korosi sesuai dengan ISO 12944	II-26
Tabel 2.6	Laju Korosi diukur dalam $\text{g/m}^2/\text{tahun}$ untuk baja	II-27
Tabel 2.7	Nilai Konstanta Untuk Setiap Satuan Unit (ASTMG103)	II-29
Tabel 4.1	Ketebalan Lapisan Coating Setiap Konsentrasi H_2CrO_4	IV-9
Tabel 4.2	Persentasi <i>Weight Lose</i> Selama Pengujian.....	IV-15
Tabel 4.3	Nilai Laju Korosi Setelah di <i>Coating</i>	IV-16
Tabel 4.4	Laju Korosi yang diukur dalam $\text{g/m}^2/\text{tahun}$ untuk lima kelas berbeda.....	IV-17
Tabel 4.5	Overview dari Lima Kelas Korosi sesuai dengan ISO 12944	IV-18
Tabel 4.6	Hasil Uji <i>Rockwell</i> specimen pisau dapur setelah di elektroplating	IV-19
Tabel 5.1	Komposisi Bahan Baku	V-1
Tabel 5.2	Massa Masuk Proses Elektroplating	V-2
Tabel 5.3	Massa Keluar Proses Elektroplating	V-2

Tabel 5.4	Neraca Massa Proses Elektroplating.....	V-3
Tabel 6.1	Komposisi Bahan Baja Pegas Daun.....	VI-1
Tabel 6.2	Komposisi dalam Oli	VI-1
Tabel 6.3	Kapasitas Panas dalam Oli	VI-2
Tabel 6.4	Kapasitas Panas Bahan Baja Pegas Daun	VI-2
Tabel 6.5	Neraca Panas Proses Tempa.....	VI-3
Tabel 6.6	Neraca Panas Pendinginan Air Setelah Proses Tempa.....	VI-4
Tabel 6.7	Neraca Panas Proses Sepuh.....	VI-4
Tabel 6.8	Neraca Panas Pendinginan Oli Setelah Proses Sepuh.....	VI-5
Tabel 6.9	Neraca Panas Pendinginan Air Setelah Proses Sepuh.....	VI-6
Tabel 6.10	Komposisi Bahan Logam Baja	VI-6
Tabel 6.11	Komposisi Produk Logam Baja.....	VI-6
Tabel 6.12	Kapasitas Panas	VI-7
Tabel 6.13	Neraca Panas Proses Elektroplating	VI-8
Tabel 7.1	Biaya Investasi Peralatan per Bulan	VII-1
Tabel 7.2	Biaya Kebutuhan Bahan Baku Produksi per Hari.....	VII-2
Tabel 7.3	Biaya Utilitas per Bulan	VII-2
Tabel 7.4	Biaya Pendukung Lainnya per Bulan	VII-2
Tabel 7.5	Biaya Tetap per Bulan.....	VII-3
Tabel 7.6	Total Biaya yang Berubah-Ubah per Bulan	VII-3
Tabel 7.7	Biaya Investasi Peralatan per Bulan	VII-6
Tabel 7.8	Biaya Kebutuhan Bahan Baku Produksi per Hari.....	VII-6
Tabel 7.9	Biaya Utilitas per Bulan	VII-7
Tabel 7.10	Biaya Pendukung Lainnya per Bulan	VII-7

Tabel 7.11	Biaya Tetap per Bulan.....	VII-8
Tabel 7.12	Total Biaya yang Berubah-Ubah per Bulan	VII-8
Tabel 7.13	Perhitungan Biaya Perjualan	VII-11

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
Massa	Berat	Gram
T	Suhu	°C
n	Mol	g/gmol
μ	Viskositas	cSt
ΔH	Entalpi	Cal
Cp	<i>Heat Capacities</i>	Cal/gr.°C
P	Daya	W
T _{ref}	Suhu referensi	°C
t	Waktu	Menit
Λ	Panas Laten	Cal/gr
BM	Berat Molekul	-
V	Volume	ml

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan industri diseluruh dunia meningkat pesat mulai dari industri dengan skala produksi kecil sampai industri dengan skala produksi besar. Seiring dengan perkembangan tersebut, maka tidak bisa dihindarkan pula dengan makin banyaknya masalah yang muncul pada proses produksinya. Salah satu masalah yang sering muncul adalah masalah yang diakibatkan oleh faktor lingkungan. Contohnya industri yang bergerak dibidang pertambangan, masalah lingkungan menjadi fokus utama karena sering berdampak pada peralatan yang digunakan khususnya peralatan yang terbuat dari logam (baja). Baja merupakan paduan besi dan karbon yang mungkin mengandung paduan unsur lainnya dan ada ribuan paduan yang memiliki komposisi yang berbeda (Calister, 1940). Baja seringkali membutuhkan sentuhan akhir atau finishing dengan memberikan lapisan yang akan diterapkan pada permukaan baja untuk tujuan estetika (warna), sifat resistensi, ketahanan terhadap korosi atau memperkuat sifat dari baja (Arthur, 2007).

Baja merupakan logam yang banyak digunakan untuk berbagai macam kebutuhan, bahkan baja bekaspun masih bisa dimanfaatkan. Salah satu contoh yaitu baja bekas pegas-daun yang dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan pisau dapur. Sifat yang harus dimiliki oleh pisau dapur yaitu keras, tangguh, tahan aus dan tahan korosi. Pisau dapur dapat diproduksi secara manual (pandai besi) dan juga menggunakan mesin (pabrik). Meskipun saat ini pisau dapur hasil produksi pabrik banyak dijual di pasaran tetapi tidak menurunkan eksistensi pisau dapur yang diproduksi oleh pandai besi karena lebih baik dari segi ketajaman



dan ketahanan terhadap aus. Pada penggunaannya, logam ini langsung bersentuhan dengan lingkungan yang menyebabkan logam ini memerlukan pengerjaan akhir agar memiliki ketahanan terhadap korosi.

Proses finishing pada logam sangat luas dan banyak metodenya salah satunya yang sering digunakan adalah metode elektroplating. Elektroplating adalah suatu metode menempatkan logam lain pada permukaan logam induk yang akan dilindungi dengan ditambahkan bahan kimia. Metode ini sudah banyak berkembang dan banyak digunakan karena proses pengerjaan yang sederhana serta menghasilkan lapisan permukaan logam yang kuat dan tahan lama. Proses ini bisa diaplikasikan untuk pelapisan pipa agar tahan terhadap korosi atau benda-benda yang digunakan pada bagian kendaraan agar lebih kuat dan memiliki tampilan yang lebih baik (Arthur, 2007). Industri minyak dan gas sering menggunakan pipa baja karbon rendah untuk menyalurkan minyak bumi hasil dari pengeboran. Akan tetapi selalu berurusan dengan korosif pada pipa dikarenakan pengaruh lingkungan dan fluida yang mengalir didalamnya. Sehingga seringkali terjadi kebocoran pada pipa karena adanya korosif. Korosi juga bisa menyebabkan pabrik terhenti, pemborosan sumber daya yang berharga, kehilangan atau kontaminasi produk, penurunan efisiensi, pemeliharaan lebih mahal, dan overdesign yang mahal (Pierre, 1999).

Hal tersebut terjadi karena korosi merupakan fenomena yang kompleks, dengan banyak variabel yang terlibat. Reaksi kimia yang melibatkan hampir setiap elemen yang ada dan paling banyak berlangsung di tanah (Pierre, 1999). Dalam penelitian ini digunakan elektrolit berupa asam kromat untuk proses elektroplatingnya, krom digunakan karena unsur ini memiliki



ketahanan terhadap korosi yang baik, meningkatkan, kekerasan, tahan aus dan memiliki nilai estetika yang cukup baik.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka dapat disimpulkan permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir inovasi adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pembuatan pisau dapur dari baja bekas pegas-daun secara tradisional oleh pande besi?
2. Bagaimana pengaruh waktu pencelupan media media *quenching* terhadap kekerasan dan struktur mikro pisau dapur ?
3. Bagaimana pengaruh elektroplating untuk melapisi pisau baja?

1.3 Batasan Masalah

Dalam inovasi ini, dilakukan pembatasan masalah dengan ruang lingkup sebagai berikut:

1. Bahan baku yang digunakan adalah baja bekas pegas daun
2. Media *quenching* yang digunakan untuk penelitian kali ini adalah oli dan air
3. Menggunakan pelapisan krom dengan menggunakan metode electroplating

1.4 Tujuan Inovasi Proses

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mempelajari pembuatan pisau dapur dari baja bekas pegas-daun yang dilakukan secara tradisional oleh pande besi dengan menggunakan *tacid knowledge* yang



diperoleh secara turun temurun

2. Mengetahui waktu pencelupan pada media *quenching* terhadap kekerasan dan mikro struktur pisau dapur
3. Melapisi pisau baja dengan proses elektroplating agar tidak mudah terkorosi

1.5 Manfaat Inovasi Proses

Dari penelitian ini akan diaplikasikan pengetahuan mengenai pembuatan pisau secara tradisional dengan mengaplikasikanya sesuai dengan teori, pengaruh waktu lama pencelupan medua *quenching* pada proses pembuatan pisau dapur di pandai besi Surabaya dan meningkatkan kualitas pisau dapur agar tidak mudah terkorosi dengan elektroplating

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja

Baja adalah paduan besi sebagai unsur dasar dan karbon yang memiliki kandungan karbon kurang dari 2% . Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan (Mn), krom (Cr) dan silikon (Si). Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*), namun disisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*). Berdasarkan komposisi kimia, baja dapat diklasifikasikan menjadi baja karbon (*plain carbon steel*) dan baja paduan (*alloy steel*).

2.2 Baja Pegas



Gambar 2.1 Baja Pegas Daun

Baja pegas adalah baja karbon tinggi yang biasa digunakan oleh pabrik pembuat pegas dan pembuat komponen-komponen kendaraan yang digunakan untuk menerima beban statik dan dinamik.(Yoshiro Y, 2007). Pembuatan baja pegas harus melewati berapa proses, salah satunya adalah proses *heat treatment*. Proses *heat treatment* dilakukan untuk memberikan



sifat mekanik yang diinginkan seperti kekuatan tarik, ketangguhan, keuletan dan kekerasan untuk dijadikan baja pegas.

Baja pegas dalam penggunaannya terdiri dari baja pegas koil kadar karbon tinggi, baja kadar karbon tinggi dalam bentuk plat, baja pegas paduan, baja pegas *stainless steel*, baja pegas paduan tembaga, baja pegas paduan nikel dan baja pegas paduan dasar nikel dengan modulus elastisitas konstan.

2.3 Perlakuan Panas

Perlakuan panas adalah kombinasi pemanasan dan pendinginan yang dilakukan terhadap paduan logam untuk memperoleh suatu sifat tertentu. Perlakuan panas dilakukan untuk menaikkan kekuatan dan kekerasan atau menaikkan keuletan dan ketangguhan.

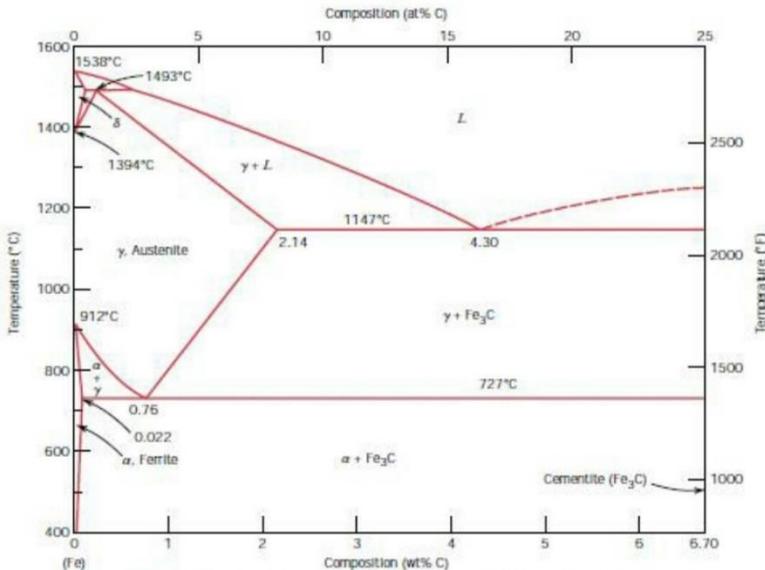
Secara garis besar berbagai macam proses perlakuan panas dapat dibedakan menurut tingginya temperatur pemanasan, lamanya waktu penahanan (*holding time*) dan laju pendinginannya. Proses perlakuan panas dapat dibedakan menjadi dua, yaitu proses perlakuan panas *equilibrium* dan proses perlakuan panas *non-equilibrium*. Proses perlakuan panas *equilibrium* untuk menaikkan sifat keuletan/ketangguhan, misalnya *annealing* dan *normalizing*, sedangkan proses perlakuan panas *non-equilibrium* untuk menaikkan kekuatan/kekerasan, misalnya *quenching*, *tempering* dan *austempering*.

2.4 Pengerasan (*Hardening*)

Hardening adalah proses pengerasan baja dengan cara melakukan perlakuan panas untuk membentuk struktur *martensit*. Proses *hardening* dilakukan dengan memanaskan baja hingga temperatur *austenite*, ditahan beberapa saat (*holding time*) pada



temperatur tersebut dengan tujuan menghomogenkan *austenite*-nya, lalu didinginkan cepat (*quenching*) ke dalam suatu media pendingin. Sebelum dilakukan pemilihan temperatur austenisasi dengan melihat diagram Fe-Fe₃C, terlebih dahulu dilakukan perhitungan pergeseran titik *eutectoid* akibat pengaruh unsur paduan dan juga mempertimbangkan *carbon equivalent (CE)* dari material yang digunakan.



Gambar 2.2 Diagram Fe-Fe₃C

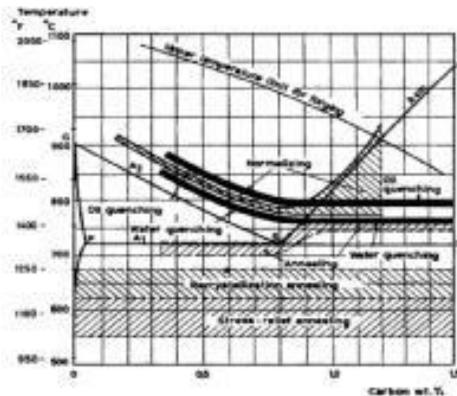
Dari gambar 2.2 diketahui bahwa titik *eutectoid* terletak pada kadar karbon 0,76% C dan temperatur 727°C, titik *eutectoid* tersebut hanya berlaku untuk baja dengan komposisi Fe dan C.

Laju pendinginan harus mencapai laju pendinginan kritis (*critical rate*) untuk memperoleh struktur yang sepenuhnya *martensite*. (Sidney H, 1974). Laju pendinginan yang kurang dari CCR akan mengakibatkan adanya sebagian *austenite* yang tidak bertransformasi menjadi *martensite* tetapi menjadi struktur lain.



sehingga kekerasan maksimum tidak akan tercapai. Daerah temperatur *quenching* dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Dari gambar 2.3 dijelaskan bahwa untuk baja karbon rendah (*low carbon steel*) dilakukan pendinginan dengan air. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) dan baja paduan (*alloy steel*) menggunakan oli (*oil*) sebagai media pendingin.



Gambar 2.3 Daerah Temperatur *quenching*

Pada saat baja bertemperatur tinggi dicelup ke dalam oli yang memiliki temperatur kamar, maka oli disekitar permukaan spesimen bisa menjadi uap. Uap akan menghambat perpindahan panas spesimen ke media pendingin jika tidak segera lepas dari permukaan. Waktu terlepasnya uap antara satu titik permukaan dengan titik yang lain tidak sama, sehingga laju pendinginan berbeda dan mengakibatkan kekerasan tidak merata.

2.5 Tempering

Baja yang dikeraskan dan menghasilkan struktur *martensite* pada kondisi setelah di-*quenching* biasanya sangat

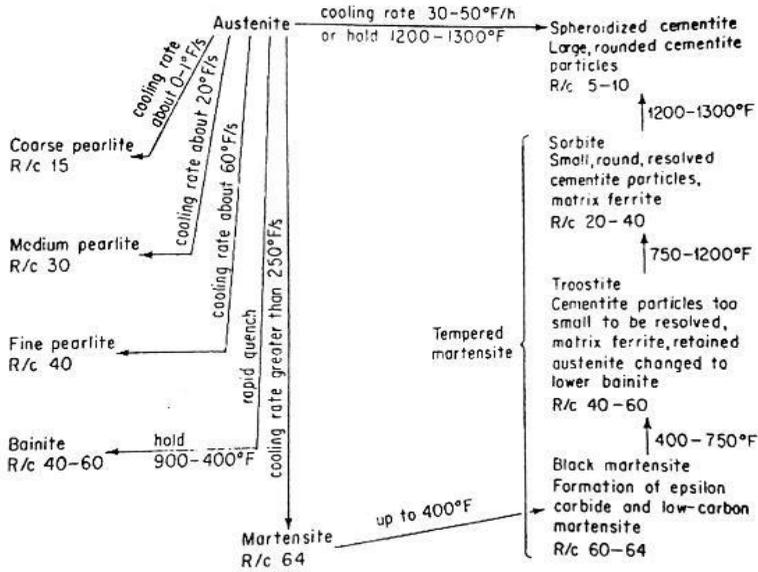


getas, sehingga tidak cukup baik untuk berbagai pemakaian. Pembentukan *martensite* juga meninggalkan tegangan sisa yang sangat tinggi, oleh karena itu pada umumnya setelah proses pengerasan atau *hardening* selalu diikuti dengan proses pemanasan kembali atau *tempering*.

Tempering adalah proses pemanasan kembali setelah *quenching* hingga mencapai temperatur tertentu (sesuai kebutuhan), ditahan beberapa saat (*holding time*) pada temperatur tersebut, kemudian didinginkan kembali. Tujuan dari tempering adalah untuk menghilangkan tegangan sisa akibat perbedaan temperatur yang sangat tinggi. Pada proses tempering kekerasan suatu baja akan turun seiring dengan naiknya ketangguhan dari baja tersebut .

2.5.1 Dekomposisi *Martensite*

Pemanasan kembali pada proses *tempering* mengakibatkan *martensite* yang merupakan suatu struktur metastabil berupa larutan padat *supersaturated* dimana karbon yang terperangkap dalam struktur BCT akan mulai keluar berpresipitasi membentuk karbida besi dan juga tumbuh menjadi *spheroidal cementite* ketika temperatur semakin dinaikkan. Tegangan di dalam struktur BCT akan berkurang akibat keluarnya karbon dan pertumbuhan *spheroidal cementite*, sehingga kekerasan juga mulai berkurang. Turunnya kekerasan ini akan semakin banyak bila temperatur pemanasan semakin tinggi atau waktu penahanan (*holding time*) semakin lama.



Gambar 2.4 Skema struktur yang terjadi pada pemanasan *martensite* dari baja *eutektoid*

Dari gambar 2.4 dijelaskan bahwa proses *tempering* adalah proses pemberian energi panas kepada *martensite*, tentunya banyaknya energi yang disalurkan tidak hanya tergantung pada temperatur tetapi juga pada waktu penahanan (*holding time*), pada gambar tersebut dilakukan *holding time* yang sama yaitu selama 1 jam.

Ketika baja karbon dilakukan *tempering* mencapai temperatur 200°C, maka akan diperoleh struktur yang bila dietsa akan berwarna gelap, dinamakan *black martensite*. Pada temperatur tersebut *martensite* mulai berkurang tetragonalnya dan mulai terbentuk presipitasi karbida besi (*epsilon carbide*) yang sangat halus (*submicroscopic*). Baja masih memiliki kekerasan dan kekuatan yang tinggi, ketangguhan dan keuletan yang rendah



tetapi tegangan sisa sudah hilang.

Ketika dilakukan *tempering* pada temperatur 200°C sampai 400°C, menyebabkan *epsilon carbide* menjadi *cementite* (Fe_3C), *low-carbon martensite* menjadi *ferrite* BCC dan *austenite* menjadi *bainite*. Cementite yang terjadi juga masih sangat halus (belum tampak dengan mikroskop optik) dan struktur ini bila dietsa akan berwarna gelap, dikenal dengan nama *troostite*. Kekerasan dan kekuatan turun, sedangkan keuletan dan ketangguhan naik.

Ketika dilakukan *tempering* pada temperatur 400°C sampai 650°C, menyebabkan partikel *cementite* tumbuh besar dan *ferrite* mulai tampak jelas (keseluruhan struktur tampak lebih cerah), dikenal dengan nama *sorbite*. Kekuatan dan kekerasannya lebih banyak turun, sedangkan keuletan dan ketangguhan sudah cukup tinggi.

Ketika dilakukan *tempering* pada temperatur 650°C sampai 705°C, menghasilkan partikel *cementite* yang kasar, berbentuk bola dan strukturnya sama seperti struktur yang diperoleh dengan *spherodizing*. Baja menjadi sangat lunak, ulet dan memiliki ketangguhan yang tinggi.

Semua hasil transformasi *martensite* disebut *martensite temper* karena sangat sulit untuk membedakan satu struktur dengan struktur yang lain.

2.6 Pisau Dapur

Pisau adalah bilah baja tipis dan tajam sebagai alat pengiris dan sebagainya. Ada berbagai macam jenis pisau, salah satu contoh yaitu pisau dapur. Pisau dapur merupakan salah satu alat bantu yang digunakan dalam persiapan dan pembuatan makanan.

Tabel 2.1 Komposisi kimia baja bekas pegas daun (Ridha W, 2017)

NO	Unsur	Baja Bekas Pegas Daun (%)
----	-------	---------------------------



1	Carbon (C)	0,579
2	Silicon (Si)	0.211
3	Mangan (Mn)	0,815
4	Phosphor (P)	0,0144
5	Sulphur (S)	0,0119
6	Chromium (Cr)	0,849
7	Ferrum (Fe)	97,5197

2.6.1 Proses Pembuatan Pisau Dapur

Proses pembuatan pisau dapur pada dasarnya sama dengan proses pembuatan jenis pisau yang lain, yang membedakan adalah bentuk, dimensi dan materialnya. Pisau dapur dapat diproduksi secara manual (pandai besi) dan juga menggunakan mesin (pabrik):

1. Proses pembuatan pisau dapur secara manual (pandai besi)

Sebagian besar pandai besi menggunakan bajapegas-daun bekas sebagai bahan baku pembuatan pisau dapur. Selain dari ketersediaannya yang melimpah juga dilihat dari komposisi kimia dari baja pegas-daun yang cocok sebagai bahan baku pisau dapur. Proses pembuatan pisau dapur oleh pandai besi :

- a. Tempa

Proses tempa berfungsi untuk membentuk material awal (baja pegas daun bekas) hingga menjadi pisau dapur dengan cara memanaskan



material awal di bara api selama kurang lebih 2 menit kemudian baru ditempa, kedua proses tersebut diulang beberapa kali hingga dimensi pisau dapur yang diinginkan tercapai.

b. Gerinda

Proses gerinda berfungsi untuk meratakan permukaan pisau dapur hasil proses tempa dan juga untuk membentuk sisi tajam dari pisau dapur tersebut.

c. Perlakuan Panas

Proses perlakuan panas yang dilakukan di pandai besi yaitu sepuh (hardening) merupakan proses pengerasan pisau dapur dengan cara membakar pisau di tungku, kemudian dilakukan pendinginan cepat (quenching) dengan media pendingin oli.

2.7 Teknologi Pelapisan

Teknologi pelapisan atau yang lebih dikenal sebagai coating adalah teknik pelapisan suatu material pada permukaannya. Aplikasi dari coating organik, inorganik atau metalik hanya melindungi benda dari serangan lingkungan pada bagian permukaan saja, sehingga memperpanjang waktu pakai, tetapi coating tidak hanya melindungi permukaan benda saja melainkan keseluruhan komponen benda. Implikasinya, dengan menggunakan material yang sedikit lebih murah, digabungkan dengan penghematan energi, akan menghasilkan konsekuensi ekonomi yang cukup baik dan penghematan dalam hal teknologi pelapisan permukaan. Proses coating yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 mengilustrasikan keberagaman proses coating yang tersedia secara komersial dan dapat digunakan untuk melindungi permukaan benda sehingga dapat memperpanjang waktu pakai



dari suatu komponen atau peralatan. Apapun teknik coating yang digunakan, hampir selalu dibutuhkan proses awal atau pretreatment dan pembersihan permukaan yang sesuai untuk memaksimalkan kinerja hasil coating. (Kanani,2005) .

Beberapa proses coating dapat dilihat di Tabel 2.1.

Tabel 2.2 Proses coating yang digunakan untuk perlindungan permukaan (Kanani, 2005)

<i>Process</i>	<i>Process variant</i>
<i>Evaporation</i>	<i>Chemical vapour deposition (CVD)</i>
	<i>Physical vapour deposition (PCV)</i>
	<i>Sputtering</i>
<i>Hot metal process</i>	<i>Weld-surface</i>
	<i>Hot-dip galvanizing</i>
	<i>Roll-coating</i>
<i>Painting</i>	<i>Application of inorganic coatings</i>
	<i>Application of organic coating</i>
	<i>Application oaf low-friction coatings</i>
<i>Thermal spraying</i>	<i>Atmospheric-pressure plasma spraying</i>
	<i>Low-pressure plasma spraying</i>
	<i>Flame spraying</i>
<i>Metalising</i>	<i>Electroless metal coatings</i>
	<i>Electroplated metal coatings</i>

2.8 Elektroplating

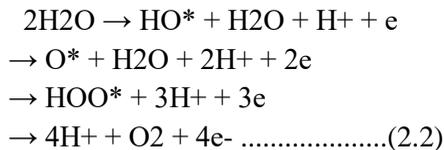
Elektroplating adalah proses pelapisan suatu logam dengan logam lain dengan cara elektrolisis. Elektroplating bertujuan untuk melindungi logam yang mudah rusak karena pengaruh udara (korosi) atau lingkungan dengan logam yang lebih tahan. Prinsip dari proses elektroplating yaitu yang bertindak sebagai katoda menggunakan logam yang akan dilapisi (Suwinardi, 1994) atau benda kerja yang akan dilapisi merupakan



sama menggunakan seng klorida). Daya listrik disediakan oleh sumber DC. Arus listrik didalam larutan elektrolit dialirkan dengan memindahkan ion, akan tetapi jika pada logam dengan mengalirkan elektron. Oleh karena itu reaksi kimia harus terjadi pada setiap bagian dimana arus listrik masuk ke logam menuju elektrolit atau elektrolit menuju logam. Secara umum mekanisme yang terjadi pada proses elektroplating adalah sebagai berikut. Tahap pertama adalah dekomposisi dari air seperti pada persamaan reaksi 2.1



Pada anoda terjadi reaksi oksidasi yang menghasilkan elektron. Kemudian elektron tersebut dialirkan menuju katoda melalui rangkaian elektrolisis. Jika anoda yang digunakan adalah anoda inert dan ada aliran arus menuju anoda maka reaksi yang terjadi adalah reaksi oksidasi (dekomposisi) air dimana air diubah menjadi ion oksigen untuk menjaga keseimbangan listrik sehingga akan terbentuk gas oksigen. Reaksi yang terjadi seperti persamaan reaksi 2.2



Pada katoda terjadi konsumsi elektron yang berasal dari anoda sehingga pada katoda terjadi reaksi reduksi. Reaksi reduksi yang terjadi adalah dari ion hidrogen, seperti persamaan reaksi 2.3



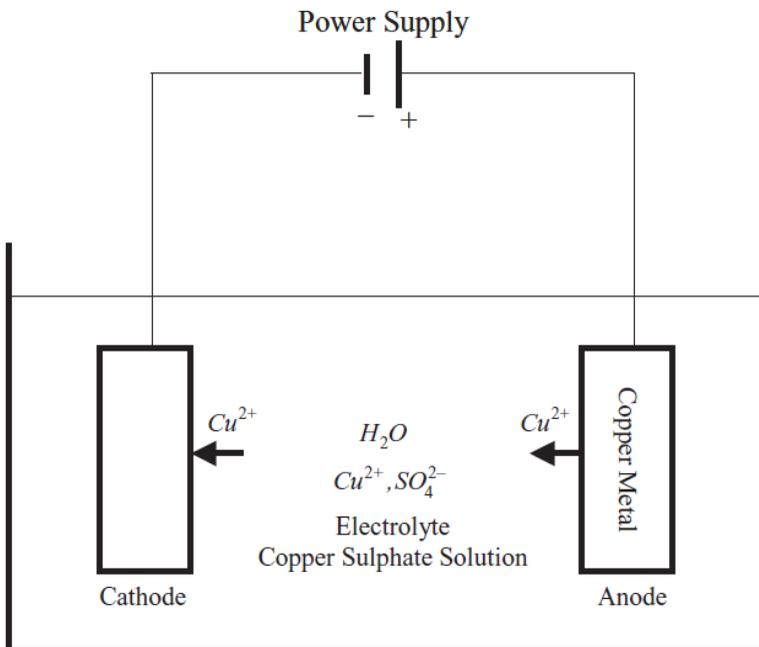


Kemudian kation seng didalam larutan elektrolit akan bergerak menuju katoda yang banyak mengandung elektron dan bereaksi membentuk logam seng serta menempel pada permukaan katoda.



(S. Szabo, 2006)

Proses elektrolisis pada elektroplating dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.5 Skema Elektroplating (Huang,2006)

Secara fisik proses elektroplating mengandung empat bagian :



1. Sirkuit eksternal, terdiri dari sebuah sumber arus searah (DC), akan menyalurkan arus listrik menuju tangki plating, dan menghubungkan beberapa instrumen seperti ampermeter, voltmeter dan berfungsi untuk mengatur voltase dan arus
2. Elektroda negatif atau katoda, merupakan material yang akan diplating disebut benda kerja. Benda kerja diposisikan dalam larutan plating sehingga kontak langsung dengan sumber arus
3. Larutan plating, hampir selalu dalam bentuk cairan yang disebut “platers bath”
4. Elektroda positif biasanya merupakan logam yang telah di plating tetapi terkadang berasal dari material konduktif yang berperan hanya melengkapi sirkuit listrik, disebut inert atau anoda tak terlarut.

Larutan plating ditempatkan pada tangki plating, tangki tersebut harus berupa material yang sesuai dengan larutan yang berada di dalamnya : terkadang berupa baja lunak untuk larutan alkalin, dan baja-baja yang memiliki resistansi terhadap larutan asam. Selain dengan baja, dapat juga digunakan karet, berbagai variasi palstik atau bahkan gelas atau timah. (*Osborne, 2006*)

2.10 Hukum Elektrolisis Faraday

Ketika arus listrik dibuat untuk melewati sel, arus dapat menyebabkan reaksi kimia yang muncul pada elektroda. Proses ini disebut elektrolisis, dan sel dimana reaksi itu terjadi disebut sel elektrolit. Di tahun 1830-an, ilmuwan Inggris Michael Faraday menunjukkan bahwa reaksi elektrokimia mengikuti semua hubungan normal reaksi stoikiometri kimia tetapi pada waktu tertentu selain mengikuti aturan stoikiometri juga berkaitan dengan arus. Sehingga aturan ini dikenal sebagai hukum



elektrolisis Faraday.

Berdasarkan hasil pengamatan faraday :

1. Masa dari pembentukan produk utama dengan elektrolisis di anoda atau katoda berbanding lurus dengan arus yang masuk (Q)
2. Untuk arus yang diberikan, ratio masa dari produk utama sama dengan ratio kesetimbangan kimia (masa dibagi dengan perubahan valensi)

Hukum empiris elektrolisis Faraday berhubungan dengan jumlah elektron yang diperlukan untuk melepaskan 1 mol unsur. Misalkan bahwa arus yang diperlukan adalah satu elektron per molekul, misalkan dalam kasus dari reaksi elektroplating perak.



(Alia, 2011)

Untuk mereduksi satu mol yang diberikan oleh ion metal dengan valensi $n+$, dibutuhkan n mol elektron. Karena itu, total katoda yang digunakan dalam deposisi, $Q(\text{C})$, adalah produk dari jumlah mol gram logam yang terdeposisi, m , jumlah elektron yang ikut tereduksi, n , bilangan Avogadro, N_A (jumlah atom dalam satu mol), dan energi listrik per elektron, $Q_e(\text{C})$. jadi, persamaan berikut ini menunjukkan energi yang dibutuhkan untuk mereduksi m mol logam :

$$Q = m n N_A Q_e \dots \dots \dots (2.12)$$

Hasil persamaan di atas adalah konstanta Faraday, F . Sehingga jumlah mol dari logam yang telah direduksi oleh muatan Q dapat di cari dengan persamaan :

$$m = \frac{Q}{nF} \dots \dots \dots (2.6)$$

Konstanta Faraday menunjukkan jumlah muatan listrik



yang dibawa dalam 1 mol, atau jumlah elektron Avogadro. Konstanta Faraday dapat berasal dari pembagian bilangan Avogadro, atau angka dari elektron per mol, dengan angka elektron per coulomb. Nilai tertinggi dari bilangan Avogadro diperkirakan sekitar $6,02 \times 10^{23}$ dan nilai terendah sekitar $6,24 \times 10^{18}$. Sehingga

$$F = \frac{6.02 \times 10^{23}}{6.24 \times 10^{18}} = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$$

.....(2.7)

Sedangkan muatan total yang digunakan dalam deposisi dapat dicari sebagai produk dari arus, $I(A)$, dan waktu deposisi, $t(sec)$, jika arus deposisi dipertahankan konstan. Atau jika arus bervariasi selama proses deposisi, dapat dicari dengan :

$$Q = \int I dt \text{(2.8)}$$

Berat deposit , $W(g)$, dapat dicari dengan mengalikan mol logam yang tereduksi dengan berat atomik, M_w , dari logam yang terdeposit dapat dicari dengan persamaan :

$$W = \frac{M_w}{nF} \int I dt \text{(2.9)}$$

Secara ideal ketebalan deposisi, δ (cm) dapat dicari dengan persamaan :

$$\delta = \frac{W}{\rho A} = \frac{M_w}{nF \rho A} \int I dt \text{(2.10)}$$

Di mana ρ adalah densitas logam (g/cm^3) dan A adalah luas area deposisi (cm^2). (Huang, 2006)

Untuk menentukan logam yang terdepositasi dengan arus dan waktu dapat ditentukan :

$$1 \text{ Faraday} = \text{ampere detik} / 96500 \text{(2.11)}$$



Langkah selanjutnya adalah mengalihkan bilangan Faraday dengan bilangan gram yang diendapkan oleh arus listrik sebesar 1 Faraday yaitu:

$$G = (I \times t) / 96500 \times (Ar/Mr) / \text{Valensi} \dots \dots \dots (2.12)$$

G = berat logam yang terdeposisi (gram)

I = rapat arus (ampere)

T = waktu (detik)

Ar/Mr = massa atom / molekul relatif

Untuk menentukan tebal pelapisan yang terjadi perlu diketahui berat jenis dari logam yang terlapis pada katoda. Hubungan berat jenis dengan harga-harga yang lainnya adalah sebagai berikut :

$$\text{Volume (cc)} = \text{berat endapan (gram)} / \text{berat jenis} \dots \dots \dots (2.13)$$

(Huang, 2006)

2.11 Chromium Plating

Terdapat dua kelas dalam chromium plating : decorative, merupakan pelapisan tipis yang berguna untuk melindungi benda kerja dari noda, perlindungan yang tahan lama terhadap permukaan benda kerja; dan hard chromium plating, di mana pelapisan dengan skala industri digunakan untuk mengambil kelebihan dari sifat-sifat spesial yang dimiliki oleh krom, yang meliputi resistansi terhadap panas, ketahanan aus, ketahanan korosi, ketahanan erosi, memiliki koefisien gesek yang rendah dan anti abrasi. (Svenson, 2006)

Ketebalan deposit dari decorative plating biasanya di bawah 0,80 μm . Decorative plating memberikan efek tampilan



yang berkilau dan juga tetap memberikan resistansi terhadap korosi. Pelapisan ini biasanya dilapiskan di atas pelapisan nikel tetapi terkadang dilapiskan langsung pada permukaan benda kerja.

Ketebalan deposit dari hard chrome plating lazimnya lebih tebal dari 0,80 μm dan digunakan pada skala industri, bukan untuk fungsi dekoratif. Berlawanan dengan decorative plating, pelapisan ini biasanya dilapiskan langsung pada benda kerja dan hanya dalam beberapa kasus saja dilapiskan di atas elektrodeposit lain, seperti nikel.

Tidak seperti pelapisan logam yang lain, krom tidak dapat didepositkan dari larutan cair yang mengandung ion logam saja. Proses pelapisan krom harus mengandung satu atau lebih asam radikal yang berperan sebagai katalis (untuk hexchromium) atau complexer (untuk trichromium) untuk membawa atau membantu pada deposisi katodik dari logam krom. Katalis yang paling umum digunakan untuk proses double-(mixed-) catalyzed, hexchromium adalah sulfat dan fluoride. Fluoride umumnya dalam bentuk kompleks seperti silikonfluoride (SiF_6^{2-}), sejak fluoride sederhana hanya efektif pada kuantitas kecil yang menyebabkan proses control menjadi sulit. Untuk keberhasilan dalam proses yang berkelanjutan, rasio (dengan berat) asam kromat dengan total katalis asam radikal harus di atur : umumnya sekitar 100 : 1 pada sulfat. (Mandich et al, 2010)

Larutan plating merupakan larutan yang sama untuk kedua jenis plating (asam kromat dan katalis sulfat) tetapi memiliki waktu untuk plating yang sangat berbeda. Hard chromium plating bisa mencapai 24 jam, sementara decorative plating hanya selama 5 menit. Sumber tenaga untuk melakukan pelapisan adalah rectifier yang mengkonversi alternating current



(AC) menjadi direct current (DC). Tabel berikut menunjukkan kondisi untuk melakukan pelapisan krom secara hard plating dan decorative plating : (Paine, 2011)

Tabel 2.3 Parameter untuk melakukan Chromium Plating
(Sumber tabel : Metal Finishing Guidebook, 2001)

Parameter	Hard Chromium	Decorative Chromium
Chromic Acid (g/L)	250	250
Temperature (F)	120 - 140	90 - 120
Cathode	Part to be plated	Part to be plated
Anode	Lead – Antimony alloy	Lead – Antimony alloy
pH	< 1	< 1
Sulphate catalyst (g/L)	2.5	2.5
Plating time	5 minutes – 24 hours	Up to 5 minutes
Current Density	500 Amps/square foot	175 – 300 Amps/square foot

2.12 Chromium(Cr)

Krom (nomor atom 24) merupakan elemen transisi yang termasuk ke dalam golongan 6B dalam tabel periodik unsur. Dalam tabel periodic unsur, elemen transisi (semua elemen) (golongan 1B sampai 8B) terletak diantara golongan elemen utama (golongan 1A sampai 2A dan golongan 3A sampai 7A dan gas-gas inert – golongan 8A). atom-atom dari elemen transisi memiliki electron yang mengisi subkulit d dengan nilai lima orbital d.

Elemen transisi merupakan elemen yang penting karena memiliki lima orbital d :

1. Membentuk paduan satu sama lain pada satu golongan dan membentuk paduan dengan logam pada golongan
2. Secara umum merupakan logam tidak berwarna yang berkilau dengan titik leleh dan titik didih yang tinggi.



3. Memiliki titik leleh dan densitas tinggi karena elektron pada orbital d mengikat atom-atom bersama dalam kisi kristal.
4. Membentuk senyawa yang umumnya berwarna cerah (contoh Cr(III) klorida berwarna ungu). Hal ini terjadi karena adanya energi yang ikut terbawa saat electron dengan tingkat energi lebih rendah berpindah ke tingkat energi yang lebih tinggi pada orbital d. Saat electron tersebut kembali ke posisi awalnya, electron tersebut melepas energi spesifik yang menghasilkan cahaya dari warna spesifik unsur tersebut.
5. Seperti yang terjadi pada logam-logam golongan utama, logam-logam golongan transisi juga membentuk garam. Akan tetapi, garam yang terbentuk pada logam-logam golongan utama akan memiliki kation yang mengimbangi anion [contoh halite atau natrium klorida (NaCl) saat dilarutkan dalam air dan membentuk larutan ionik dari $\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$], logam-logam transisi lebih mungkin untuk membentuk ion-ion kompleks atau ion-ion poliatomik dengan variasi yang lebih didominasi oleh muatan negatif.

Pada temperatur tertentu (20°C sampai 25°C), Cr memiliki warna perak dengan sifat yang getas, tahan korosi dan mampu dipoles. Logam berat merupakan logam yang memiliki densitas yang lebih tinggi dari 5 g/cm^3 pada temperatur tertentu; Cr dapat digolongkan menjadi golongan logam berat maupun tidak. (Guertin *et al*, 2005)



2.13 Asam Kromat

Ikatan primer dari Cr-O adalah krom (+6) oksida, CrO_3 , yang lebih dikenal dengan asam kromat, sebagai nama komersial dan nama umum. Senyawa ini dikenal juga dengan chromic oxide dan chromic acid anhydride. Kromium (+6) membentuk banyak variasi dengan senyawa oksigen, kebanyakan dari senyawa yang terbentuk dianggap sebagai turunan dari oksida Cr^{6+} . Senyawa-senyawa itu meliputi oxy-halogen kompleks dan senyawa chromyl, chromates, dichromates, trichromates, tetrachromates dan basic chromates. Semua senyawa Cr^{3+} tersebut merupakan agen oksidasi yang kuat, meskipun secara kinetik mencakup jangkauan yang luas.

Chromic trioxide memiliki berat molekul 100,01 dan membentuk sistem subklas bipyramid. Densitas senyawa tersebut dalam bentuk padat sebesar $2,79 \text{ g.cm}^{-3}$. Senyawa ini meleleh dengan sedikit dekomposisi pada temperatur 197°C . CrO_3 memiliki sifat higroskopik. Memiliki kelarutan dalam air bervariasi mulai dari 61,7% pada 0°C sampai 67,5% pada 100°C . potensial oksidasi dari CrO_3 dan larutan kromat akan semakin besar dengan bertambahnya keasaman dari larutan. Asam kromat, H_2CrO_4 , tidak dapat diketahui kecuali dalam bentuk larutan, di mana menunjukkan kecenderungan yang jelas untuk membentuk polyacids dengan cara eliminasi air.

Perubahan yang terjadi dari H_2CrO_4 menjadi $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ sangat cepat, tetapi polimerisasi yang selanjutnya terjadi akan memakan waktu yang dapat dihitung. Warna dari CrO_3 mengindikasikan bahwa senyawa tersebut telah terpolimerisasi secara hebat, saat warnanya lebih merah dari di atau trikromat dan muncul dalam warna seperti tetrakromat. Depolimerisasi dari larutan CrO_3 dalam air sangat cepat terjadi. CrO_3 sepertinya juga



mengalami depolimerisasi pada proses pemanasan. (Mandich *et al*, 2010)

Komposisi dari larutan asam kromat yang telah dikatalisasi oleh sulfat dapat bervariasi secara luas, diberikan rasio oleh berat dari asam kromat dengan sulfat radikal memiliki kisaran antara 75 dan 120 berbanding dengan 1. Tenaga dorong atau distribusi, memiliki nilai optimal pada rasio antara 90 dan 110 berbanding dengan 1; sementara itu, pada kisaran antara 75 dan 90 berbanding dengan 1, didapatkan deposit dengan warna yang lebih terang, terjadi pembakaran yang lebih kecil dan arus listrik yang lebih tinggi dapat digunakan. Larutan yang mengandung asam kromat dengan konsentrasi serendah 50 g/L telah diteliti namun tidak cocok digunakan untuk kepentingan produksi karena :

- Plating range yang terlalu terbatas
- Larutan yang lebih sensitif terhadap kontaminan
- Memiliki resistansi listrik yang lebih tinggi
- Membutuhkan voltase listrik yang lebih tinggi

untuk dapat dioperasikan

Komposisi dan kondisi operasi untuk dua jenis larutan asam kromat/sulfat (konsentrasi rendah dan tinggi) untuk *hard chrom plating* diperlihatkan pada Tabel 2.8 berikut. Larutan dengan konsentrasi rendah secara luas digunakan untuk *hard chrom plating* karena larutan ini meminimalkan terjadinya cacat dan ramah lingkungan. Larutan dengan konsentrasi tinggi memiliki keunggulan, yaitu tidak terlalu sensitif dengan perubahan konsentrasi; larutan ini juga lebih mudah dikontrol dan memiliki daya dorong yang lebih baik. Karena larutan konsentrasi tinggi lebih konduktif, larutan ini bisa dioperasikan pada voltase yang lebih rendah dan membutuhkan pemanasan yang lebih rendah dalam operasinya.



Tabel 2.4 *Sulfate bath for hard chromium plating*
(ASM Metal Handbook Volume 5, 1994)

Type of oath	Chromic acid ^(a)		Sulfate ^(a)		Current density		Bath temperature	
	g/L	oz/gal	g/L	oz/gal	A/dm ²	A/in. ²	°C	°F
Low concentration	250	33	2.5	0.33	31-62	2-4	52-63	125-145
High concentration	400	53	4.0	0.53	16-54	1-3.5	43-63	110-145

2.14 Korosi

2.14.1 Korosi Udara

Korosi diartikan sebagai gejala yang timbul secara alami dan pengaruhnya terhadap semua zat yang diatur oleh perubahan-perubahan energi. Bahkan korosi sering disebut sebagai karat, yaitu gejala destruktif yang mempengaruhi hampir semua logam bahkan korosi sering diartikan sebagai. Korosi menjadi beban bagi peradaban manusia karena beberapa hal yaitu dari segi biaya korosi it sangat mahal, korosi sangat memboroskan sumber daya, dan korosi sangat tidak nyaman bagi manusia dan kadang-kadang mendatangkan maut. Banyak faktor yang dapat menimbulkan korosi dan faktor yang paling penting adalah adanya air yang mungkin berasal dari hujan, kabut, atau pengembunan akibat kelembaban relatif yang tinggi.

Selain karena adanya air, faktor yang lain adalah akibat adanya perubahan temperatur. Akibat kenaikan temperatur biasanya diikuti oleh peningkatan laju reaksi. Perubahan temperatur berpengaruh terhadap kelembaban relatif dan terjadi pengembunan. Air hasil pengembunan akan menutupi semua permukaan logam dan sampai permukaan yang tersembunyi. Lapisan-lapisan tipis air ini tidak akan mengalir dan akan tetap di



situ sampai menguap. Untuk memulai serangan selapis tipis air yang tidak kelihatan sudah lebih dari cukup. Logam seperti baja akan mengalami korosi jika kelembaban lebih dari 60%. Jika kelembaban lebih dari 8% karat pada besi dan baja akan semakin meningkat (*Trethewey, 1991*)

2.14.2 Korosi Tanah dan Lingkungan

Korosi dalam tanah merupakan masalah besar, terutama karena banyak infrastruktur yang menua. Dengan meningkatnya perlindungan terhadap ancaman yang disebabkan oleh lingkungan, maka berdampak pula terhadap penanganan masalah korosi. Korosi tanah biasanya terkait dengan minyak, gas, dan jaringan pipa air. Perlindungan tank penyimpanan, saluran kabel listrik, dan poros pada casing. Korosi yang disebabkan tanah merupakan fenomena yang kompleks dengan melibatkan beberapa variabel. Variasi dari sifat tanah dan karakteristik di tiga dimensi memiliki dampak yang besar terhadap korosi pada struktur yang dilindungi (*Pierre, 1999*).

Korosi pada baja yang langsung bersentuhan dengan tanah dapat ditentukan dengan konduktivitas, pH, kandungan oksigen, konsentrasi ion agresif dan aktivitas biologis dalam tanah. Sehingga pada baja-baja yang bersentuhan langsung dengan tanah perlu dilakukannya perlindungan yang lebih. Perlindungan yang dilakukan banyak jenisnya tergantung dari kebutuhan sesuai dengan kondisi yang ada. Salah satu perlindungan yang sering dilakukan adalah dengan memberikan lapisan penghambat korosi (coating). Pelapisan yang umum digunakan adalah elektroplating untuk membentuk lapisan metalik (*Trethewey, 1991*).



2.14.3 Penilaian Kerusakan Oleh Korosi

Dalam rangka mempercepat pengembangan mengenai coating dan menyediakan metode uji yang terpercaya dan mampu mengukur kinerja pelapis terhadap ketahanan korosi, maka metode uji korosi perlu dikembangkan. Selain itu juga pemahaman yang lebih mendasar terhadap parameter coating dan formulasi memiliki dampak positif pada daya tahan lapisan coating yang dikembangkan. Semakin dipercepat dan lebih dapat diaplikasikan, metode pengujian yang diterapkan adalah metode yang lebih menguntungkan pada uji korosi yang dilakukan. Karena hal tersebut sangat penting untuk menjaga waktu pengujian yang dibutuhkan agar sesingkat mungkin. Namun, lebih dipercepat metode pengujian, semakin sedikit perwakilan dari kondisi nyata dari metode pengujian akan dilakukan, karena akan melibatkan kondisi pengujian yang jauh dari kondisi lingkungan yang sebenarnya. Sebuah contoh klasik dari hal ini adalah bahwa hal itu mudah untuk percaya bahwa tes korosi dapat dipercepat dengan dilakukan peningkatan konsentrasi salah satu spesies korosi seperti klorida. Namun, dalam banyak kasus, peningkatan konsentrasi klorida mungkin benar-benar mengubah stabilitas permukaan, dan dengan demikian secara signifikan mengurangi ketebalan lapisan pelindung dengan mengubah daerah termodinamika stabil untuk senyawa yang terlibat.

Agresivitas korosi atmosfer telah mengakibatkan pengembangan disebut klasifikasi korosi. ISO 9323 adalah standar terkenal dalam bidang klasifikasi korosi. Standar ini didasarkan pada korosi atmosferik untuk lokasi tertentu yang berasal dari data meteorologi seperti waktu basah (yaitu, waktu di mana kelembaban relatif di atas 80%), kategori polusi yang berbeda



(yaitu, sulfur dioksida dan konsentrasi klorida udara diukur sebagai tingkat deposisi dalam mg /m²/hari. Standar ini tidak dimaksudkan untuk digunakan sehubungan dengan atmosfer yang ekstrim seperti yang ditemui di pabrik kimia atau digunakan dalam metode uji dipercepat seperti semprotan garam. Hal ini tidak dimaksudkan untuk digunakan untuk mengevaluasi laju korosi dalam lingkungan yang keras seperti yang ditemui oleh mobil mengemudi di daerah dimana deicing digunakan, atau lokasi di mana faktor tambahan membuat evaluasi korosi rumit. Ini termasuk daerah industri dengan dampak SO₂ tinggi dan konstruksi lepas pantai dimana klorida mungkin memiliki dampak yang sangat tinggi, terutama di tempat-tempat klorida dapat membangun pada permukaan dan melumpuhkan kelembaban. Ini adalah kasus untuk garam seperti MgCl₂ dan CaCl₂

Pada Tabel 2.4 hal menarik untuk dicatat laju korosi yang relatif tinggi untuk baja dibandingkan dengan seng dan aluminium, yang dikenal kurang mulia. Selain itu, logam paling mulia, tembaga, corrodes memiliki laju korosi yang hampir sama seperti seng. Hal ini bahkan lebih mengejutkan bahwa setidaknya logam mulia, aluminium, menunjukkan laju korosi terendah dari semua, bahkan di bawah kondisi korosi yang paling parah yaitu kondisi di kelas korosi C5

Tabel 2.5 Overview dari lima kelas korosi sesuai dengan klasifikasi ISO 12944

ISO 12944 Classification	Steel Lose	Impact Korrosion
C1	$\leq 10 \text{ g/m}^2$	Sangat Rendah



	($\leq 1,3\mu\text{m}$)	
C2	10-200 g/m^2 (1,3-25 μm)	Rendah
C3	200-400 g/m^2 (25-50 μm)	Menengah
C4	400-650 g/m^2 (50-80 μm)	Tinggi
C5-1	650-1500 g/m^2 (80-200 μm)	Sangat Tinggi (Industri)
C5-M	650-1500 g/m^2 (80-200 μm)	Sangat Tinggi (Air Laut)

Tabel 2.6 Laju korosi diukur dalam $\text{g/m}^2/\text{tahun}$ untuk baja, tembaga, aluminium dan seng untuk lima kelas yang berbeda korosi menurut ISO 9323.

Class	Steel	Copper	Aluminum	Zinc
C1	$\text{CR} \leq 10$	$650 < \text{CR}$	Negligible	$\text{CR} \leq 0,7$
C2	$10 < \text{CR} \leq 200$	$0,9 < \text{CR} \leq$	$\text{CR} \leq 0,6$	$0,7 < \text{CR} \leq 5$



		5		
C3	200 < CR ≤ 400	5 < CR ≤ 12	0,6 < CR ≤ 2	5 < CR ≤ 15
C4	400 < CR ≤ 650	12 < CR ≤ 25	2 < CR ≤ 5	15 < CR ≤ 30
C5	650 < CR	25 < CR	5 < CR	30 < CR

Pengujian laju korosi pada spesimen uji yang akan dilihat laju korosinya akibat adanya pengaruh lingkungan dapat dipengaruhi oleh beberapa aspek. Diantaranya adalah total luas permukaan awal dari spesimen dan massa yang hilang selama pengujian yang dilakukan. Rata-rata laju korosi ditetapkan dengan menggunakan persamaan 2.10.

$$\text{Laju Korosi} = \frac{K \times W}{A \times T \times D} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

K = Konstanta

T = Waktu paparan (Jam)

A = Luas Permuakaan (cm²)

W = Masa yang hilang (Gram)

D = Denstitas Spesimen (g/cm³)

Ada banyak perbedaan satuan yang dapat digunakan untuk menghitung laju korosi tergantung dari satuan yang akan digunakan. Hal tersebut disesuaikan dengan pemakaian nilai konstanta yang sesuai. Nilai konstanta dapat dilihat pada Tabel 2.6



Tabel 2.7 Nilai Konstanta Untuk setiap satuan unit (ASTMG103)

Corrothion rate units desired	Constant (K) in Corrosion Rate Equation
Mils per year (mpy)	$3,45 \times 10^6$
Inches per year (ipy)	$3,45 \times 10^3$
Inches per month (ipm)	$2,87 \times 10^2$
Millimetres per year (mm/y)	$8,76 \times 10^4$
Micrometres per year ($\mu\text{m}/\text{y}$)	$8,76 \times 10^7$
Picometres per year (pm/y)	$2,78 \times 10^6$
Gram per square meter per hour ($\text{g}/\text{h}^2.\text{h}$)	$1 \times 10^4 \times D$
Milligram per square decimeter per day (mdd)	$2,40 \times 10^6 \times D$
Microgram per square meter per second ($\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$)	$2,78 \times 10^6 \times D$

2.15 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.8 Penelitian Sebelumnya

	Penelitian I	Penelitian II	Penelitian III
Judul	Analisa Kekerasan Pisau Dapur Hasil UKM	Pengaruh Variasi Media <i>Quenching</i> Air, Oli dan Udara	Analisa Struktur Mikro dan Kekerasan Baja S45C Dan Pada Proses <i>Quench-</i>



	Pandai Besi pada Proses Perlakuan Panas	Kompresor Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Pada Baja AISI 1045	<i>Temper</i> Dengan Media Pendingin Air
Tujuan	Mengetahui Kekerasan Pisau Hasil Ukm Pandai Besi Proses Perlakuan Panas	Mengetahui Variasi Media <i>Quenching</i> Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan	Mengetahui Pengaruh Proses <i>Quench-Temper</i> Dengan Media Pendingin Air
Bahan	-	Baja AISI 1045	Baja Karbon Sedang S45C
Variabel	Variabel bebas : 100 °C, 200 °C, 300°C, 400°C Media <i>Quenchig</i> : Udara, Air, Oli dan Air Kapur <i> Holding Time</i> : 30 menit	Variabel Bebas : Media pendingin Angin, Air dan Oli Pemanasan proses 850°C dengan <i> Holding Time</i> 30 menit	Variabel bebas : Suhu Hardening 930°C, 955°C dan 980°C <i> Holding Time</i> Hardening 45 menit Suhu Tempering 625°C selama 45 menit Dimensi specimen P = 20mm, D = 25mm
Hasil	Hasil kekerasan: Udara : 31	Struktur Mikro Raw Material Terdapat Perlit	Struktur Mikro Raw material terdapat ferit dan perlit dengan



	HRC Air : 40,75 HRC Oli : 46,25 HRC Air Kapur : 40,75 HRC	Dan Ferit Media Pendingin Angin Terdapat Perlit Dan Ferit Media Pendingin Oli Terdapat Martensit Dan Barnit Media Pendingin Air Martensit Dan Barnit Kekerasan Yang Terbaik Pada Media Air Sebesar 60,7 Hrc	nilai kekerasan 30,4 HRC Pada specimen setelah di <i>quenching</i> tedapat ferit, perlit dan martensit dengan nilai kekerasan yang terbaik pada 930°C adlh 52,2 HRC
--	---	---	---



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK

3.1 Proses Pembuatan Pisau secara Tradisional

3.1.1 Bahan yang digunakan

1. Baja bekas pegas daun
2. Arang

3.1.2 Peralatan yang digunakan

1. Anvil
2. *Blower*
3. Palu
4. Penjepit Besi
5. Tungku Pembakaran

3.1.3 Prosedur Pembuatan Pisau

1. Proses Tempa
 - Persiapan peralatan dan bahan baja pegas daun, ada dua peralatan yang di gunakan untuk proses tempa yaitu anvil dan palu.
 - Menyiapkan tungku pembakaran dengan membakar arang
 - bahan baku dipanaskan di bara api selama 1 menit ($T \approx 500^{\circ}\text{C}$)
 - Setelah bahan baku panas kemudian di tempa
 - proses 2 dan 3 diulang beberapa kali hingga menjadi pisau dapur dengan bentuk yang sesuai dengan yg diinginkan
2. Proses Gerinda
 - Persiapan peralatan yang digunakan yaitu gerinda tangan
 - Pisau dapur hasil proses tempa kemudian digerinda



hanya dibagian ujung untuk menghasilkan mata pisau

3. Proses Sepuh
 - Dilakukan proses sepuh yaitu pisau dapur dimasukkan ke dalam tungku pembakaran selama 3 menit dengan perkiraan temperatur 850°C

3.2 Proses Pencelupan Media *Quenching*

3.2.1 Bahan yang digunakan

1. Pisau
2. Oli
3. air

3.2.2 Peralatan yang digunakan

1. Bak media pendingin

3.2.3 Prosedur *Quenching*

1. Pisau dapur dikeluarkan dari tungku pembakaran, dimasukkan ke dalam media *quenching* oli bekas selama 10 detik
2. kemudian pisau dapur dikeluarkan dari media *quenching* oli lalu dimasukkan ke dalam media *quenching* air

3.3 Proses Elektroplating

3.3.1 Bahan yang digunakan

1. Air sabun
2. Aquadest
3. Asam Kromat (H_2CrO_4)
4. Etanol
5. Hcl
6. HNO_3
7. NaOH
8. Timah Krom



3.3.2 Peralatan yang digunakan

1. *Beaker Glass*
2. Cawan porselen
3. Corong
4. *Erlenmeyer*
5. Gelas arloji
6. Gelas ukur
7. Labu ukur
8. *Mikrometer scrup*
9. Pipet tetes
10. Seperangkat alat *Rectifier*
11. Spatula
12. Timbangan elektrik

3.3.3 Variabel yang dipilih

1. Arus : 5A
2. Konsentrasi H_2CrO_4 : 0,5N; 1N; 1,5N; 2N ; 2,5N
3. Waktu : 30 menit

3.3.4 Prosedur Proses Elektroplating

1. Persiapan Spesimen
 - Mengukur pisau dapur dengan dimensi 2,5cm x 2,5cm
 - Memotong pisau yang sudah diukur menggunakan gerinda
 2. Tahap Pretreatment
 - Menyiapkan spesimen yang sudah dipotong
 - Membersihkan permukaan spesimen dengan cara menggosok permukaan spesimen dengan amplas.
 - Mencelupkan logam ke dalam larutan NaOH
 - Mengukur dimensi specimen yaitu panjang(p), lebar (l) dan tebal (t)
-



- Menimbang berat specimen sebagai berat awal
3. Tahap Proses Elektroplating
- Membuat larutan H_2CrO_4 0,5 N; 1 N; 1,5 N; 2 N dan 2,5 N
 - Memasukkan logam Fe dan timah krom tersebut ke dalam beaker glass yang berisi larutan H_2CrO_4 0,5 N; 1 N; 1,5 N; 2 N dan 2,5 N. Kemudian jepit kedua logam untuk menghubungkan dengan alat elektroplating
 - Menunggu logam sampai terlapisi selama variabel waktu yang telah ditentukan yaitu 30 menit.
 - Mengangkat logam dari larutan H_2CrO_4 kemudian mengeringkan dan menimbang wt setelah elektroplating masing-masing logam.

3.4 Proses Uji Analisa

3.4.1 Bahan yang digunakan

1. Asam Nitrat (HNO_3)
2. Alkohol
3. Pisau Dapur
4. Serbuk Alumina

3.4.2 Peralatan yang digunakan

1. Gerinda
2. Mesin *grinding* dan *polishing* .
3. Mesin uji kekerasan merk *Frank*
4. Mikroskop optik.
5. Kertas gosok *grade* 100 sampai 2000.
6. Kain bludru

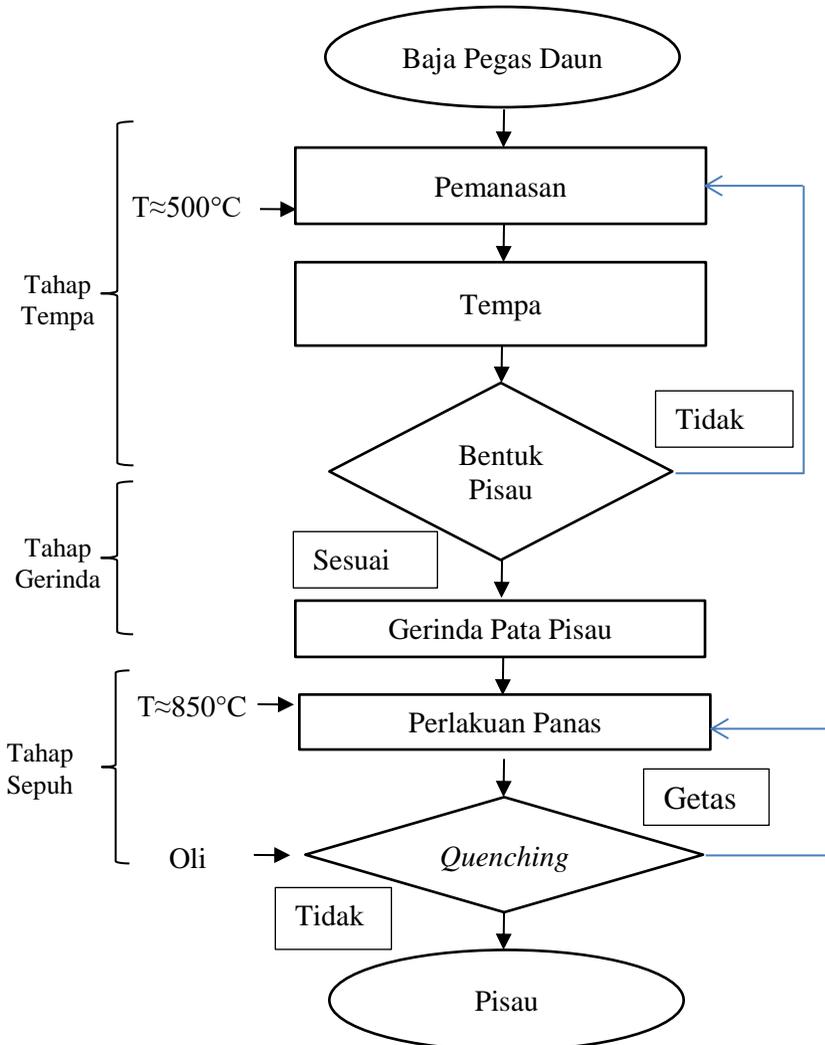


- Proses gerinda yaitu spesimen digosok menggunakan kertas gosok *grit* 80-500 pada mesin *grinding* dan *polishing*
- Pemetaan lokasi indentasi pada permukaan spesimen baja pegas-daun bekas dan spesimen pisau dapur tepat di bagian *center* dengan jarak antar titik indentasi adalah 3 mm.
- Pemetaan lokasi indentasi pada daerah penampang spesimen baja bekas pegas-daun dan spesimen pisau dapur tepat di bagian tengah dengan jarak antar titik indentasi adalah 3 mm.
- Spesimen diletakkan pada alat uji kekerasan *Rockwell C* dan dilakukan pengujian.
- Nilai kekerasan dari spesimen langsung dapat dilihat pada jarum skala penunjuk dan dicatat.



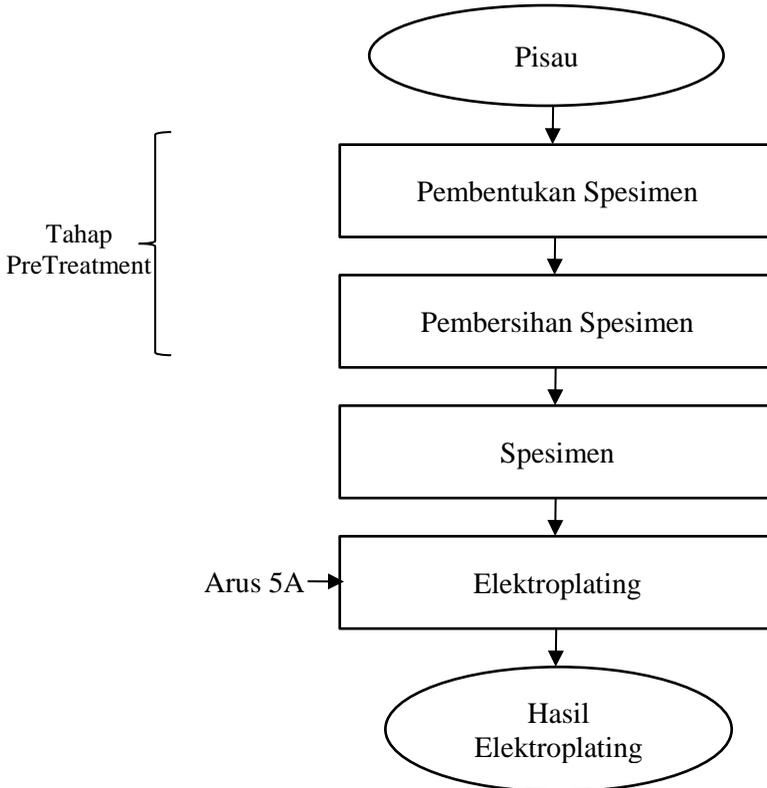
3.6 Diagram Alir

3.6.1 Diagram Alir Proses Pembuatan Pisau





3.6.2 Diagram Alir Elektroplating





3.7 Gambar Alir



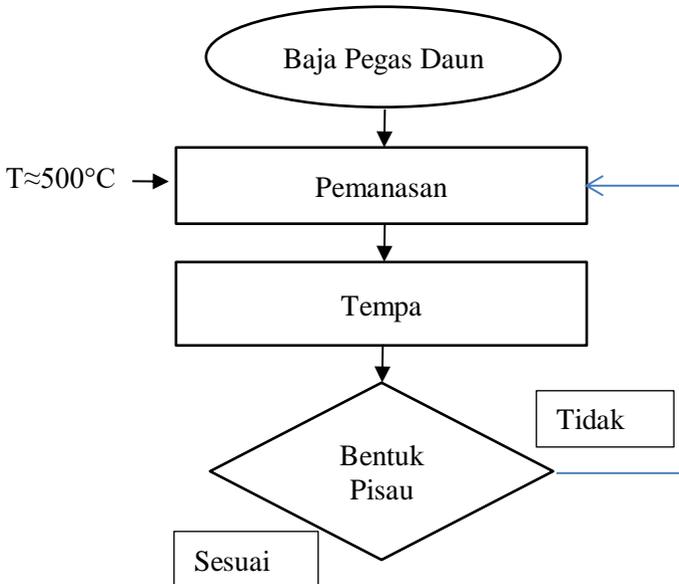


(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV HASIL INOVASI DAN PEMBAHASAN

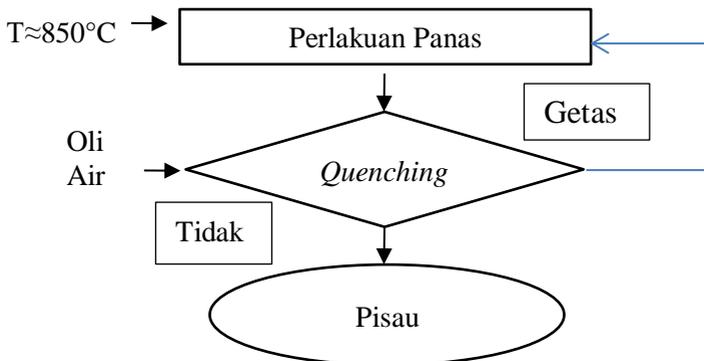
4.1 Hasil Pengamatan *Tacit Knowledge* untuk Pembuatan Pisau

Hasil Pengamatan *Tacit Knowledge* untuk pembuatan pisau secara tradisional pande besi di Surabaya menggunakan proses tempa, gerinda, perlakuan panas. Untuk proses tempa yang terdapat pada pande besi di Surabaya dengan cara material bahan baku yaitu baja bekas pegas-daun dipanaskan didalam tungku perapian dengan temperature kurang lebih 500°C, kemudian material yang masih panas ditempa menggunakan palu, proses tersebut dilakukan terus menerus hingga dimensi pisau dapur yang diinginkan tercapai. Diagram alir untuk proses tempa kurang lebih seperti berikut,



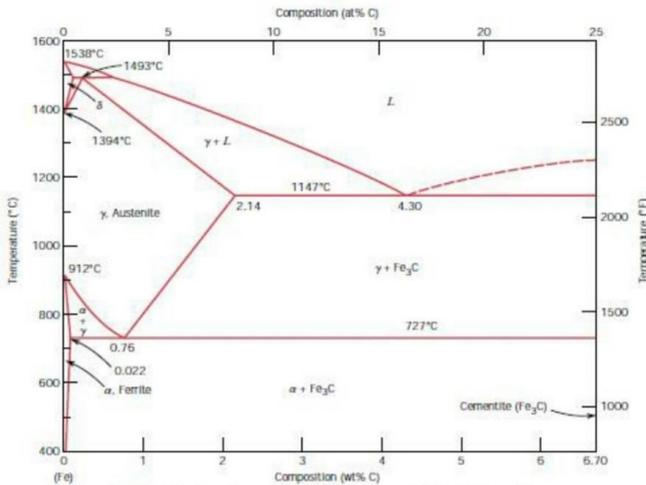


Kemudian setelah proses tempa selesai selanjutnya ketahap gerinda, pada tahap ini proses gerinda berfungsi untuk meratakan permukaan pisau dapur hasil proses tempa dan juga untuk membentuk sisi tajam dari pisau dapur tersebut. Selanjutnya setelah pisau sudah digerinda kemudian proses perlakuan panas, proses perlakuan panas yang dilakukan pande besi yaitu sepuh (*hardening*) merupakan proses pengerasan pisau dapur dengan cara memasankan bagian mata pisau dengan perkiraan temperature 850°C didalam tungku, kemudian dilakukan pendinginan cepat (*quenching*) dengan media oli dan air. Pada saat pendinginan cepat pisau yang sudah mencapai temperature 850°C kemudian dimasukan kedalam media oli dengan waktu lama pencelupan kedalam media oli selama 10 detik, kemudian pisau diangkat dan digosokan kedalam arang dengan tujuan menghilangkan oli agar tidak menempel ada pisau saat dicelupkn kedalam media air. Kemudian pisau di lihat terlebih dahulu apakah pisau setelah quenching mengalami getas atau tidak, apalabila mengalami getas maka proses sepuh dan *quenching* diulang kembali hingga produk pisau tidak mengalami getas, Diagram alir untuk proses tema kurang lebih seperti berikut,





Menurut *avner 1984* *hardening* adalah proses pengerasan baja dengan cara melakukan perlakuan panas membentuk struktur *martensite*. Proses *hardening* dilakukan dengan memanaskan baja hingga temperature *austenite*, ditahan beberapa saat (*holding time*) pada temperatur tersebut dengan tujuan menghomogenkan *austenite*-nya, lalu didinginkan cepat (*quenching*) ke dalam suatu media pendingin. Sebelum dilakukan pemilihan temperatur austenisasi dengan melihat diagram Fe-Fe₃C.



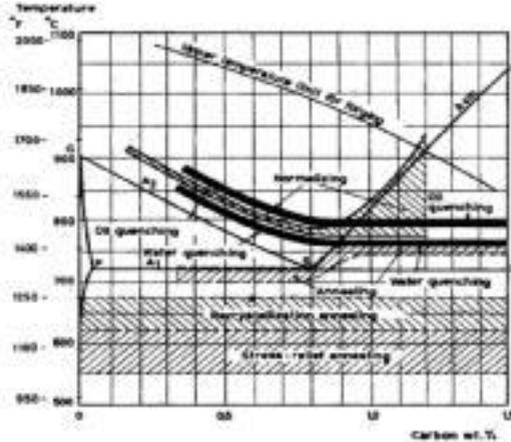
Gambar 4.1 Diagram Fasa Fe-Fe₃C

Menurut *avner 1984* laju pendinginan harus mencapai laju pendinginan kritis (*critical rate*) untuk memperoleh struktur yang sepenuhnya *martensite*. Laju pendinginan yang kurang dari CCR akan mengakibatkan adanya sebagian *austenite* yang tidak bertransformasi menjadi *martensite* tetapi menjadi struktur lain, sehingga kekerasan maksimum tidak akan tercapai. Daerah temperatur *quenching* dapat dilihat pada Gambar 4. 2.

Menurut *K.E Thelning 1984* gambar 4.2 dijelaskan bahwa untuk baja karbon rendah (*low carbon steel*) dilakukan

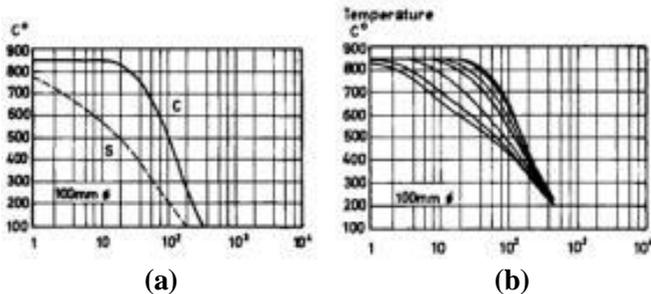


pendinginan dengan air. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) dan baja paduan (*alloy steel*) menggunakan oli (*oil*) sebagai media pendingin .



Gambar 4.2 Derah Temperature *Quenching*

Baja pegas daun (JIS SUP 9A) termasuk baja paduan rendah, sehingga digunakan oli sebagai media pendinginnya. Oli mempunyai kapasitas pendinginan yang lebih lambat dibandingkan dengan air, dijelaskan pada gambar 4.3. Jenis oli yang mudah dan murah biasanya digunakan *mineral oil* dengan viskositas yang rendah.



Gambar 4.3 Perbedaan kurva pendinginan
a. pendinginan air ; b. pendinginan oli



Menurut *avner 1984* Pada saat baja bertemperatur tinggi dicelup ke dalam oli yang memiliki temperatur kamar, maka oli disekitar permukaan spesimen bisa menjadi uap. Uap akan menghambat perpindahan panas spesimen ke media pendingin jika tidak segera lepas dari permukaan. Waktu terlepasnya uap antara satu titik permukaan dengan titik yang lain tidak sama, sehingga laju pendinginan berbeda dan mengakibatkan kekerasan tidak merata.

4.2 Pengujian Struktur Mikro dan Kekerasan

Dari hasil pengamatan struktur mikro pada gambar 4.4 diketahui memiliki struktur *Ferlit* (terang) sedangkan untuk fase *Perlit* (gelap) untuk bagian pisau yang tebal atau bagian pisau yang tidak digunakan sebagai mata pisau. Memiliki struktur *Ferlit* (terang) dan *Perlit* (gelap) karena pada bagian pisau yang tebal tidak mengalami proses Perlakuan panas sehingga pada bagian pisau yang tebal tidak mengalami perubahan struktur. Sedangkan dari hasil pengamatan struktur pada gambar 4.5 diketahui memiliki struktur *Martensit* (terang) sedangkan struktur *Austenit* (gelap) melalui proses *quench temper* pada temperatur *tempering* $>400^{\circ}\text{C}$. Temperatur tempering tersebut berada di atas temperatur *martensite start* JIS SUP 9A (240°C), sehingga terjadi perubahan austenit sisa menjadi *lower bainite*. Pisau dapur yang telah melalui proses *hardening* di pandai besi memiliki struktur *martensite* (terang) dan austenit sisa (gelap). Terbentuknya austenit sisa dapat dijelaskan sebagai berikut, ketika spesimen pisau dapur berbahan baja bekas pegas-daun dipanaskan mencapai temperatur 850°C dilanjutkan pendinginan cepat (*quenching*) hingga temperatur kamar, maka sebagian austenit berubah menjadi *martensite* dan sebagian lain menjadi austenit sisa karena transformasi 100% *martensite* tidak tercapai (*martensite finish* baja pegas JIS SUP 9A di bawah temperatur 0°C). Terbentuknya struktur mikro *tempered martensite* dan



lower bainite dapat dijelaskan sebagai berikut, ketika pisau dapur dilakukan *tempering* pada temperatur 260°C (di atas temperatur *martensite start*), maka *martensite* berdekomposisi menjadi *tempered martensite* dan austenite sisa berubah menjadi *lower bainite*. Terbentuknya struktur mikro *lower bainite* dapat diketahui dari sifat mekanik pisau dapur yang mengalami perubahan dimana kekerasannya semakin turun, sedangkan ketangguhannya naik.



Gambar 4.4 Pengamatan Struktur Mikro dengan Pembesaran 500x tanpa *quenching*

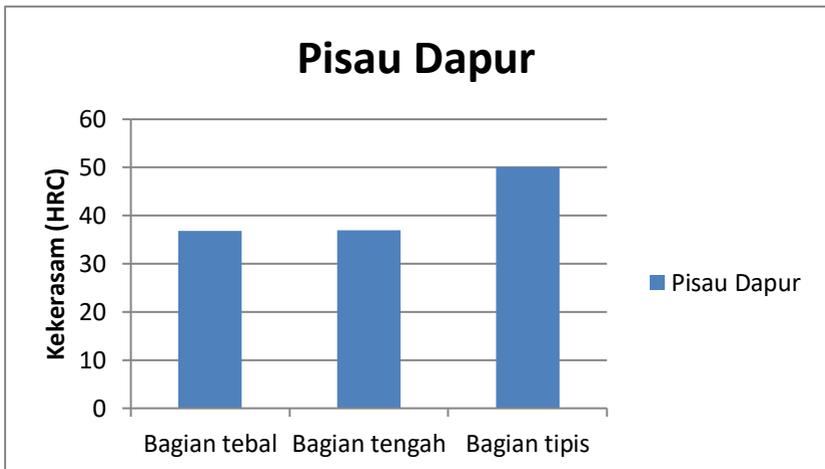


Gambar 4.5 Pengamatan Struktur Mikro dengan Pembesaran 500x dengan *quenching*



Berdasarkan Gambar 4.4 baja pegas JIS SUP 9A setelah mengalami proses tanpa perlakuan panas *quenching* dengan struktur mikro yang dihasilkan adalah ferit dan Perit. Struktur mikro inilah yang menyebabkan kekerasan menjadi tinggi sebesar 37,98 HRC. Dikarenakan dalam variasi ini terdapat struktur martensite yang menyebabkan kekerasan lebih tinggi.

Berdasarkan Gambar 4.5 baja pegas JIS SUP 9A setelah mengalami proses perlakuan panas *quenching* dengan holding time 10 detik struktur mikro yang dihasilkan adalah austenit sisa dan martensit. Struktur mikro inilah yang menyebabkan kekerasan menjadi tinggi sebesar 50,04 HRC. Dikarenakan dalam variasi ini terdapat struktur martensite yang menyebabkan kekerasan lebih tinggi.



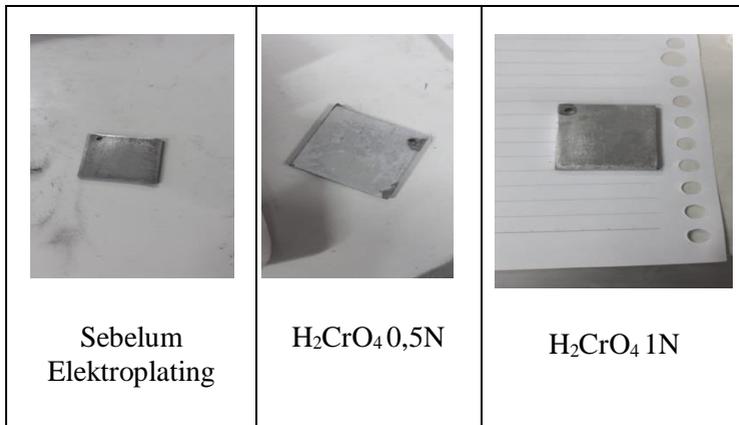
Grafik 4.1 Hubungan antara Nilai Kekerasan dengan bagian pisau

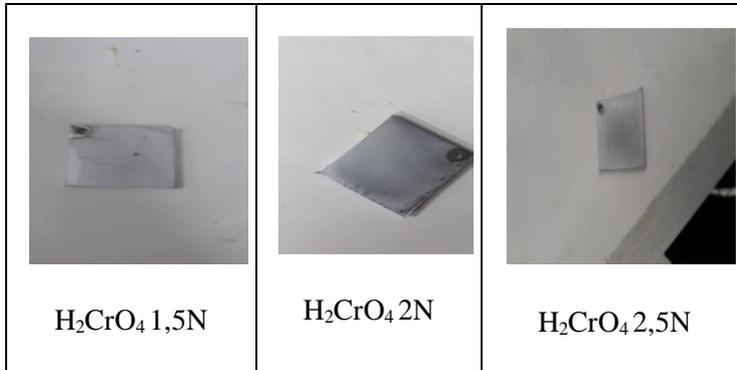
Grafik 4.1 Merupakan hubungan kekerasan dengan bagian pisau yang mendapat perlakuan panas. Dapat dilihat pada bagian pisau yang tebal nilai kekerasan sebesar 36,78 HRC,



Kemudian bagian tengah pisau nilai kekerasan sebesar 36,9 HRC, dan untuk bagian tipis (mata pisau) nilai kekerasannya sebesar 50,04 HRC. Pada bagian tipis pisau (mata pisau) nilai kekerasannya lebih tinggi dari pada bagian lain, hal ini disebabkan karena pada bagian tipis pisau (matapisau) mengalami proses perlakuan panas dan *quenching* dengan holding time 10 detik. Perlakuan panas ini yang menyebabkan nilai kekerasan berubah karena terdapat perubahan struktur mikro dari asutenit ke martensit. Struktur mikro inilah yang menyebabkan kekerasan menjadi tinggi sebesar 50,04 HRC. Dikarenakan dalam variasi ini terdapat struktur martensite yang menyebabkan kekerasan lebih tinggi.

4.3 Hasil Proses Elektroplating





Gambar 4.6 Sebelum dan Sesudah Elektroplating

Pengamatan hasil dilakukan langsung secara visual pada spesimen uji hasil elektroplating untuk mengamati perubahan yang terjadi terhadap spesimen uji sebelum dan sesudah proses elektroplating. Persiapan pembuatan spesimen ini dilakukan dengan memotong pisau berbahan baja karbon rendah menggunakan gerinda dengan dimensi panjang 2.5 cm, lebar 2,5 cm. Pada penelitian ini menggunakan larutan elektrolit H_2CrO_4 sebagai bahan untuk melapisi baja. Gambar spesimen sebelum dan sesudah proses elektroplating dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Berdasarkan pengamatan secara visual yang dilakukan pada spesimen setelah proses elektroplating dapat dilihat bahwa semua permukaan spesimen sudah terlapisi dengan baik oleh logam timah krom yang dijadikan sebagai bahan pelapis logam. Permukaan logam yang telah dilapisi memiliki tingkat kerataan yang baik dengan ditandai oleh tidak terlihat adanya permukaan logam yang terbuka atau belum terlapisi serta tidak terlihat adanya pori di permukaan logam. Pengamatan secara visual pada spesimen uji hasil proses elektroplating dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Dari Gambar 4.6 tersebut dapat dilihat bahwa tampak lapisan permukaan spesimen uji telah seluruhnya dilapisi dengan logam timah krom, hal ini karena dengan proses elektroplating sudah menutupi semua permukaan logam uji sehingga yang terlihat hanya lapisan logam timah krom hasil dari elektroplating. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil proses elektroplating pada penelitian ini berjalan dengan baik.

4.3.1 Pengukuran Ketebalan Lapisan *Coating* Hasil Proses Elektroplating

Uji ketebalan lapisan *coating* hasil dari proses elektroplating dilakukan bertujuan mengetahui seberapa tebal lapisan yang dihasilkan dari proses tersebut. Pengukuran ketebalan dilakukan dengan cara mengukur tebal spesimen sebelum dilakukan proses elektroplating menggunakan *Mikrometer scrup* kemudian mengukur kembali spesimen sesudah proses elektroplating menggunakan *Mikrometer scrup*, kemudian selisih nilai antara sesudah dan sebelum melakukan elektroplating sebagai nilai ketebalan lapisan *coating* pada spesimen tersebut.

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat pengukur ketebalan *Mikrometer scrup* dengan merk *Tricle Brand*. Pengukuran ini dilakukan dengan menempatkan spesimen tegak lurus kemudian pada penyangga *Mikrometer scrup* kemudian dijepitkan sampai *Mikrometer scrup* tidak berputar lagi dan melihat angka yang ditunjukkan pada *Mikrometer scrup*. Hasil pengukuran ketebalan lapisan *coating* dengan metode elektroplating dapat dilihat pada Tabel 4.1

**Tabel 4.1** Ketebalan Lapisan *Coating* Setiap Konsentrasi H_2CrO_4

H_2CrO_4 (N)	t_0 (cm)	t_1 (cm)	Δt (cm)	rata-rata (cm)
0.5	0.198	0.205	0.007	0.008
	0.198	0.207	0.009	
1	0.198	0.21	0.012	0.0115
	0.198	0.209	0.011	
1.5	0.198	0.216	0.018	0.0175
	0.198	0.215	0.017	
2	0.198	0.219	0.021	0.0205
	0.198	0.218	0.02	
2.5	0.198	0.22	0.022	0.0215
	0.198	0.219	0.021	

Hasil pengukuran ketebalan dari masing-masing konsentrasi larutan H_2CrO_4 dapat dilihat pada Tabel 4.1, Dari Tabel tersebut dapat dilihat bahwa dari masing-masing konsentrasi memberikan nilai ketebalan yang berbeda-beda walaupun perbedaan nilai ketebalannya tidak terlalu besar

Pada konsentrasi 0,5N H_2CrO_4 nilai ketebalan dari lapisan yang didapatkan 0,007 cm dan 0,009 cm. Nilai ini memberikan adanya perbedaan ketebalan pada setiap spesimen uji tetapi rentang nilai ketebalan tidak terlalu besar antara spesimen yang satu dengan yang lainnya. Ketebalan terkecil terdapat pada spesimen pertama dengan nilai ketebalan 0,007 cm. Secara keseluruhan nilai rata-rata ketebalan lapisan untuk konsentrasi 0,5N H_2CrO_4 didapatkan sebesar 0,008 cm.

Pada konsentrasi 1N H_2CrO_4 , nilai ketebalan meningkat dari nilai ketebalan dengan konsentrasi 0,5N H_2CrO_4 , Peningkatan nilai ketebalan ini sangat signifikan dari yang sebelumnya dengan peningkatan ketebalan sekitar 0,0035 cm,



Ketebalan pada konsentrasi ini sebesar 0,012 cm dan 0,011 cm. Ketebalan pada spesimen kedua memiliki nilai yang paling kecil dibandingkan spesimen pertama dengan nilai ketebalan sebesar 0,011 cm. Secara keseluruhan nilai rata-rata ketebalan lapisan untuk konsentrasi 1N H₂CrO₄ didapatkan sebesar 0,0115 cm.

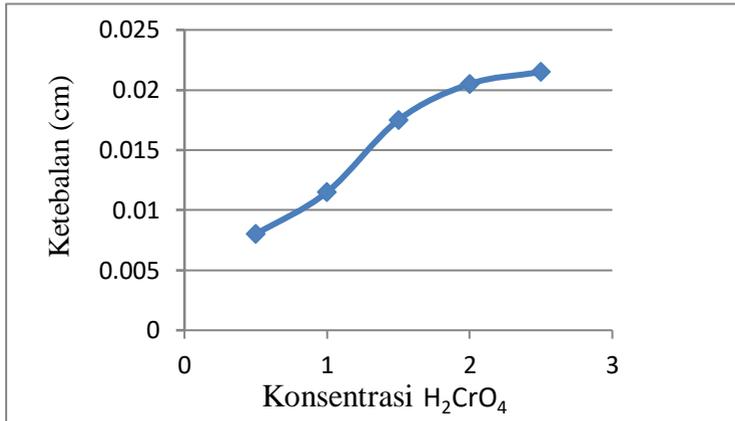
Pada konsentrasi 1,5 N H₂CrO₄, nilai ketebalan meningkat dari nilai ketebalan dengan konsentrasi 1N H₂CrO₄, Peningkatan nilai ketebalan ini sangat signifikan dari yang sebelumnya dengan peningkatan ketebalan sekitar 0,006 cm, Ketebalan pada konsentrasi ini sebesar 0,018 cm dan 0,017 cm. Ketebalan pada spesimen kedua memiliki nilai yang paling kecil dibandingkan spesimen pertama dengan nilai ketebalan sebesar 0,017 cm. Secara keseluruhan nilai rata-rata ketebalan lapisan untuk konsentrasi 1,5N H₂CrO₄ didapatkan sebesar 0,0175 cm.

Pada konsentrasi 2 N H₂CrO₄, nilai ketebalan meningkat dari nilai ketebalan dengan konsentrasi 1,5 N H₂CrO₄, Peningkatan nilai ketebalan ini signifikan dari yang sebelumnya dengan peningkatan ketebalan sekitar 0,003 cm, Ketebalan pada konsentrasi ini sebesar 0,021 cm dan 0,02 cm. Ketebalan pada spesimen kedua memiliki nilai yang paling kecil dibandingkan spesimen pertama dengan nilai ketebalan sebesar 0,02 cm. Secara keseluruhan nilai rata-rata ketebalan lapisan untuk konsentrasi 2 N H₂CrO₄ didapatkan sebesar 0,0205 cm.

Pada konsentrasi 2,5 N H₂CrO₄, nilai ketebalan meningkat dari nilai ketebalan dengan konsentrasi 2 N H₂CrO₄, Peningkatan ketebalan sekitar 0,001 cm, Ketebalan pada konsentrasi ini sebesar 0,022 cm dan 0,021 cm. Ketebalan pada spesimen kedua memiliki nilai yang paling kecil dibandingkan spesimen pertama dengan nilai ketebalan sebesar 0,021 cm. Secara keseluruhan nilai rata-rata ketebalan lapisan untuk konsentrasi 2,5 N H₂CrO₄ didapatkan sebesar 0,0215 cm. Nilai



rata-rata dari setiap perubahan konsentrasi dapat dilihat pada Grafik 4.1.



Grafik 4.2 Hubungan antara Nilai Ketebalan dan Konsentrasi H_2CrO_4

Gambar grafik 4.1 ketebalan untuk 0,5 N H_2CrO_4 adalah 0,008 cm, konsentrasi 1 N H_2CrO_4 sebesar 0,0115 cm, konsentrasi 1,5 N H_2CrO_4 sebesar 0,0175 cm, konsentrasi 2 N H_2CrO_4 sebesar 0,0205 cm dan konsentrasi 2,5 N H_2CrO_4 sebesar 0,0215 cm. Sehingga dapat dilihat bahwa nilai ketebalan dari setiap perbedaan konsentrasi mengalami kenaikan seiring dengan naiknya konsentrasi dari H_2CrO_4 , kenaikan ini terjadi karena ketika konsentrasi H_2CrO_4 dinaikan maka kandungan ion Cr^{3+} pada H_2CrO_4 akan ikut naik pula. Ketika ada aliran elektron dari anoda ke katoda (spesimen) dan elektron berkumpul diseluruh permukaan katoda maka ion Cr^{3+} akan sangat mudah untuk bergerak ke katoda dan menempel pada permukaan spesimen. Makin banyak konsentrasi ion Cr^{3+} yang terkandung didalam larutan elektrolit maka akan semakin banyak yang menempel pada permukaan spesimen. Sehingga hal tersebut mengakibatkan ketebalan dari lapisan deposit logam timah krom semakin tebal.



Oleh karena itu hal ini menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi pada larutan elektrolit akan memberikan pengaruh yang baik terhadap nilai ketebalan yang diperoleh.

Menurut Hosking (2007) ketebalan yang bisa dicapai pada proses pelapisan dengan bahan pelapis dari logam serta dengan menggunakan metode elektroplating dengan ketebalan bisa mencapai $75\mu\text{m}$. Pada penelitian ini, nilai ketebalan yang diperoleh menggunakan metode elektroplating dengan logam timah krom sebagai pelapis menunjukkan semakin besar larutan konsentrasi elektrolit maka semakin tebal juga lapisan *coating* yang didapat. Maka dapat disimpulkan bahwa pelapisan logam menggunakan logam timah krom dan metode elektroplating pada penelitian ini sudah sesuai dengan literatur yang mendukung. Contoh gambar nilai hasil pengukuran ketebalan lapisan *coating* dapat dilihat pada Tabel 4,1.

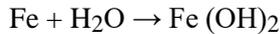
4.3.2 Pengujian Laju Korosi

Pengujian laju korosi dengan menggunakan metode kehilangan berat (*weight lose*) bertujuan mengetahui seberapa cepat material atau spesimen uji terdegradasi akibat pengaruh lingkungan. Laju korosi pada penelitian ini dilakukan dengan melihat berat yang hilang (*Weight Loss*) dari spesimen uji dibandingkan dengan berat awal dari spesimen uji sebelum terkorosi.

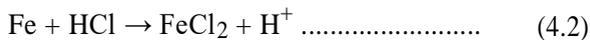
Pengujian laju korosi dimulai dari pembuatan larutan hcl 10% kemudian spesimen direndam kedalam larutan hcl 10% diusahakan seluruh permukaan specimen terendam semua. Kemudian specimen dibiarkan selama 3 hari . Setelah proses perendaman dengan hcl selesai selanjutnya spesimen dibersihkan menggunakan aquadest selanjutnya ditimbang



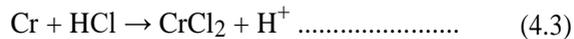
berat akhir setelah terjadi korosi pada spesimen. Jika dilihat dari rekasi 4.1, rekasi yang terjadi ketika proses korosi dengan lingkungan berlangsung seperti reaksi berikut :



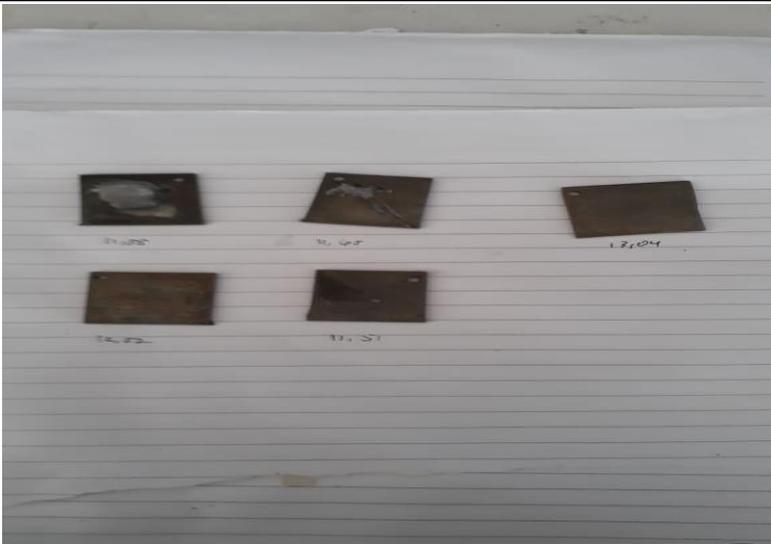
Dimana Fe_3O_4 merupakan produk korosi yang menempel pada lapisan baja, Atau jika pada uji *weight loss* rekasi yang terjadi adalah sebagai berikut



Akan tetapi karena spesimen uji dilapisi oleh logam timah krom yang memiliki nilai potensial sel yang lebih rendah dari baja maka yang terlebih dahulu bereaksi adalah antara HCl dengan logam timah krom sebelum bereaksi dengan baja, reaksinya sebagai berikut :



Sehingga karena adanya lapisan timah krom maka yang pertama terbentuk adalah produk korosi dengan logam timah krom. Pengkorosian akan membentuk senyawa CrCl_2 sesuai persamaan reaksi 4.3 dan Gambar 4.3



. **Gambar 4.7** Pengamatan Visual Spesimen setelah uji *weight loss*

Gambar 4.7 dapat dilihat produk korosi yang dihasilkan berwarna kuning dan tersebar di seluruh permukaan. Meskipun dilakukan penggosokan pada spesimen uji tetapi korosi tidak terjadi langsung dengan spesimen uji. Kemudian akibat dari adanya interaksi tersebut maka berat dari spesimen uji akan berkurang sedikit demi sedikit. Kehilangan berat tersebut diamati dan dianalisa untuk mengetahui persentase kehilangan berat selama pengujian berlangsung, Untuk mengetahui persentase kehilangan berat (*weight lose*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\% \text{Weight lose} = \frac{(\text{berat awal} - \text{berat setelah terkorosi})}{\text{berat awal}}$$

**Tabel 4.2** Persentasi *Weight Lose* selama pengujian

H ₂ CrO ₄	Weight Lose (gr)	persentasi Weight lose (%)	rata rata (%)
0.5	0.27	0.02231405	0.023730369
	0.3	0.025146689	
1	0.28	0.023529412	0.023402279
	0.28	0.023275145	
1.5	0.3	0.024390244	0.020521517
	0.2	0.016652789	
2	0.29	0.024369748	0.021275783
	0.22	0.018181818	
2.5	0.25	0.02076412	0.02007035
	0.23	0.01937658	

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa berat yang hilang ketika proses korosi berlangsung kecil hal ini menunjukkan adanya *coating* pada permukaan logam akan menurunkan berat yang hilang. Dari data tersebut sangat berhubungan dengan laju korosi yang terjadi selama proses pengujian berlangsung. Kehilangan berat tersebut dapat dijadikan data acuan untuk melihat besarnya laju korosi yang terjadi pada spesimen uji tersebut. Nilai laju korosi hasil penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.3.

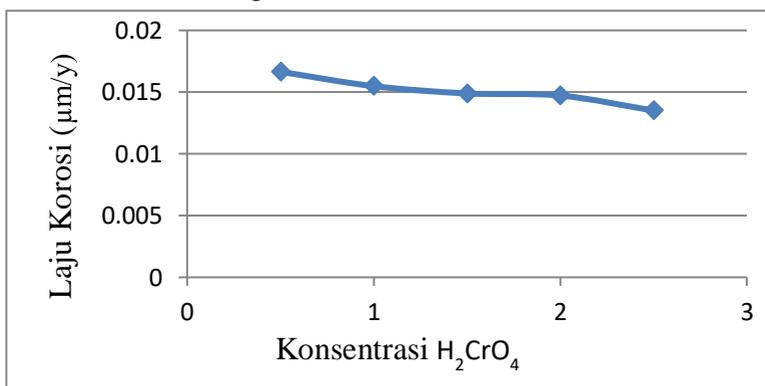
Tabel 4.3 Nilai Laju Korosi pada specimen setelah di *coating*

H ₂ CrO ₄ (N)	A (cm ²)	ΔW (gr)	mpy ($\mu\text{m}/\text{y}$)	rata rata
-------------------------------------	----------------------	-----------------	--------------------------------	-----------



0.5	13.9404	0.27	0.016086845	0.016647514
	14.48	0.3	0.017208184	
1	15.0196	0.28	0.015483959	0.015483959
	15.0196	0.28	0.015483959	
1.5	13.9404	0.3	0.017874272	0.014895226
	13.9404	0.2	0.011916181	
2	13.9404	0.29	0.017278463	0.014722215
	15.0196	0.22	0.012165967	
2.5	15.0196	0.25	0.013824963	0.013508952
	14.48	0.23	0.013192941	

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat nilai laju korosi untuk setiap konsentrasi tidak memberikan adanya perbedaan yang signifikan. Pada konsentrasi larutan elektrolit H_2CrO_4 0,5 N sampai dengan konsentrasi 2,5 N terdapat penurunan laju korosi yang sangat kecil. Penurunan laju korosi dapat dilihat dari Gambar grafik 4.2



Grafik 4.3 Hubungan antara Laju Korosi dengan Konsentrasi H_2CrO_4



Menurut standar ISO 12944 bagian 2 menjelaskan klasifikasi laju korosi terhadap dampak yang ditimbulkan kedalam lima kategori yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5

Tabel 4.4 Laju korosi yang diukur dalam g/m^2 /tahun untuk lima kelas yang berbeda

Class	Steel	Copper	Aluminum	Zinc
C1	$\text{CR} \leq 10$	$650 < \text{CR}$	Negligible	$\text{CR} \leq 0,7$
C2	$10 < \text{CR} \leq 200$	$0,9 < \text{CR} \leq 5$	$\text{CR} \leq 0,6$	$0,7 < \text{CR} \leq 5$
C3	$200 < \text{CR} \leq 400$	$5 < \text{CR} \leq 12$	$0,6 < \text{CR} \leq 2$	$5 < \text{CR} \leq 15$
C4	$400 < \text{CR} \leq 650$	$12 < \text{CR} \leq 25$	$2 < \text{CR} \leq 5$	$15 < \text{CR} \leq 30$
C5	$650 < \text{CR}$	$25 < \text{CR}$	$5 < \text{CR}$	$30 < \text{CR}$

Tabel 4.5 Gambaran dari lima kelas korosi sesuai dengan klasifikasi yang diberikan dalam ISO 12944 Bagian 2

ISO 12944 Classification	Steel Lose	Impact Korrosion
C1	$\leq 10 \text{ g}/\text{m}^2$ ($\leq 1,3 \mu\text{m}$)	Sangat Rendah
C2	$10-200 \text{ g}/\text{m}^2$ ($1,3-25 \mu\text{m}$)	Rendah
C3	$200-400 \text{ g}/\text{m}^2$ ($25-50 \mu\text{m}$)	Menengah
C4	$400-650 \text{ g}/\text{m}^2$	Tinggi



	(50-80 μm)	
C5-1	650-1500 g/m^2 (80-200 μm)	Sangat Tinggi (Industri)
C5-M	650-1500 g/m^2 (80-200 μm)	Sangat Tinggi (Air Laut)

Hasil pengujian laju korosi pada beberapa konsentrasi yang didapatkan nilai laju korosi untuk konsentrasi elektrolit 0,5 N sebesar 0,016647514 $\mu\text{m/y}$. Konsentrasi 1 N sebesar 0,015483959 $\mu\text{m/y}$, konsentrasi 1,5 N sebesar 0,014895226 $\mu\text{m/y}$, konsentrasi 2 N sebesar 0,014722215 $\mu\text{m/y}$, dan konsentrasi 2,5 N sebesar 0,013508952 $\mu\text{m/y}$. Jika dibandingkan antara hasil pengujian pada penelitian ini dengan standar ISO 12944 bagian 2, maka dapat dilihat bahwa laju korosi yang terjadi berada pada daerah sangat rendah yaitu $\leq 1,3 \mu\text{m/y}$. Hal ini menunjukkan bahwa laju korosi yang terjadi pada spesimen uji berada pada daerah dengan laju korosi yang sangat rendah.

4.3.2 Pengujian *Hardness*

Uji *Hardness* hasil dari proses elektroplating dilakukan bertujuan mengetahui nilai kekerasan yang dihasilkan dari proses tersebut. Pengukuran kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode *Rockwell C*.

Tabel 4.5 Hasil Uji *Rockwell C* specimen baja

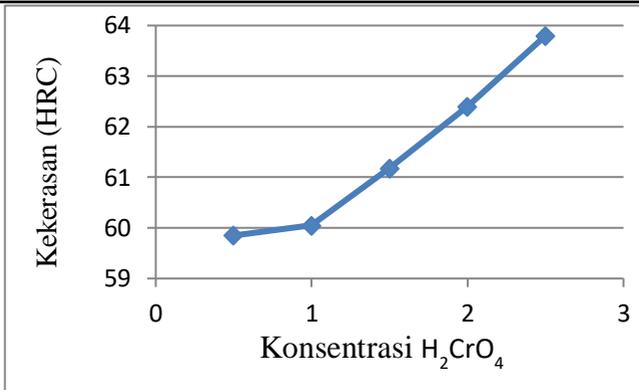
H_2CrO_4 (N)	<i>Hardness</i> (HRC)
0	56.35
0.5	59.85
1	60.05
1.5	61.18



2	62.4
2.5	63.8

Dari Tabel 4.5 dapat dilihat hasil uji *hardness* untuk setiap konsentrasi tidak memberikan adanya perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Pada konsentrasi larutan elektrolit H_2CrO_4 0,5 N sampai dengan konsentrasi 2,5 N terdapat kenaikan nilai *hardness* yang kecil.

Pada konsentrasi 0,5N H_2CrO_4 nilai kekerasan dari uji *rockwell* yang didapatkan 59,85 HRC, pada konsentrasi 1N H_2CrO_4 nilai kekerasan dari uji *rockwell* meningkat dari nilai kekerasan dengan konsentrasi 0,5N H_2CrO_4 , peningkatan nilai kekerasan tidak terlalu besar dengan peningkatan kekerasan sekitar 0.2 HRC, Kekerasan pada konsentrasi ini sebesar 60,05 HRC. pada konsentrasi 1,5N H_2CrO_4 nilai kekerasan dari uji *rockwell* meningkat dari nilai kekerasan dengan konsentrasi 1N H_2CrO_4 , peningkatan nilai kekerasan tidak terlalu besar dengan peningkatan kekerasan sekitar 1.13 HRC, Kekerasan pada konsentrasi ini sebesar 61,18 HRC. pada konsentrasi 2N H_2CrO_4 nilai kekerasan dari uji *rockwell* meningkat dari nilai kekerasan dengan konsentrasi 1,5N H_2CrO_4 , peningkatan nilai kekerasan tidak terlalu besar dengan peningkatan kekerasan sekitar 1,22 HRC, Kekerasan pada konsentrasi ini sebesar 62,4 HRC. pada konsentrasi 2,5N H_2CrO_4 nilai kekerasan dari uji *rockwell* meningkat dari nilai kekerasan dengan konsentrasi 2N H_2CrO_4 , peningkatan nilai kekerasan tidak terlalu besar dengan peningkatan kekerasan sekitar 1,4 HRC, Kekerasan pada konsentrasi ini sebesar 63,8 HRC. Nilai dari setiap perubahan kekerasan dapat dilihat pada grafik 4.3



Grafik 4.4 Hubungan Kekerasan dengan Konsentrasi H_2CrO_4

Gambar grafik 4.3 kekerasan untuk 0,5 N H_2CrO_4 adalah 59,85 HRC, konsentrasi 1 N H_2CrO_4 sebesar 60,05 HRC, konsentrasi 1,5 N H_2CrO_4 sebesar 61,18 HRC, konsentrasi 2 N H_2CrO_4 sebesar 62,4 HRC dan konsentrasi 2,5 N H_2CrO_4 sebesar 63,8 HRC. Sehingga dapat dilihat bahwa nilai kekerasan dari setiap perbedaan konsentrasi mengalami kenaikan seiring dengan naiknya konsentrasi dari H_2CrO_4 , kenaikan ini terjadi karena lapisan *coating* juga mengalami kenaikan seiring dengan konsentrasi H_2CrO_4 dinaikan, hal ini terjadi karena nilai kekerasan juga tergantung dengan tebal lapisan coating, seiring dengan meningkatnya lapisan coating maka semakin besar pula nilai kekerasan. Oleh karena itu hal ini menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi pada larutan elektrolit akan memberikan pengaruh yang baik terhadap nilai kekerasan yang diperoleh.

Menurut Rasyad 2018, Kenaikan nilai kekerasan disebabkan oleh kenaikan kuat arus yang diberikan pada spesimen, semakin tinggi A yang diberikan maka jumlah muatan yang mengalir dan menempel pada katoda akan semakin banyak dan menyebabkan lapisan yang dihasilkan semakin tebal, dengan



semakin besar kuat arus maka konsentrasi semakin besar pula karena hubungan kuat arus dengan konsentrasi elektrolit berbanding lurus.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

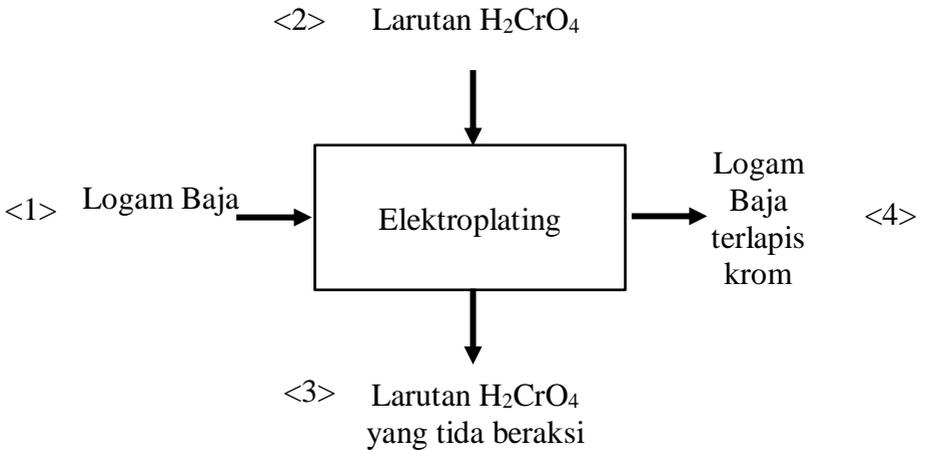
BAB V NERACA MASSA

5.1 Neraca Massa

Tabel 5.1 Komposisi Bahan Baku

komposisi	% Berat	Massa
C	0.579	0.068322
Si	0.211	0.024898
Mn	0.815	0.09617
P	0.0144	0.0016992
S	0.0119	0.0014042
Cr	0.849	0.100182
Fe	97.5197	11.5073246
total	100	11.8

5.1.1 Proses Elektroplating



**Tabel 5.2** Massa Masuk Proses Electroplating

No	Komponen	Massa (g)	
		aliran 1	aliran 2
1	C	0.068322	
2	Si	0.024898	
3	Mn	0.09617	
4	P	0.0016992	
5	S	0.0014042	
6	Cr	0.100182	
7	Fe	11.5073246	
8	H ₂ CrO ₄		264.75
Total		11.8	264.75
		276.55	

Tabel 5.3 Massa Keluar Proses Electroplating

No	Komponen	Massa (g)	
		aliran 3	aliran 4
1	C		0.068322
2	Si		0.024898
3	Mn		0.09617
4	P		0.0016992
5	S		0.0014042
6	Cr		0.200182
7	Fe		11.5073246
8	H ₂ CrO ₄	264.65	
Total		264.65	11.9
		276.55	



Sehingga, neraca massa proses elektroplating adalah sebagai berikut :

Tabel 5.4 Neraca Massa Proses Elektroplating

No	Komponen	Masuk (g)		Keluar (g)	
		aliran 1	aliran 2	aliran 1	aliran 2
1	C	0.068322			0.068322
2	Si	0.024898			0.024898
3	Mn	0.09617			0.09617
4	P	0.0016992			0.0016992
5	S	0.0014042			0.0014042
6	Cr	0.100182			0.200182
7	Fe	11.5073246			11.5073246
8	H ₂ CrO ₄		264.75	264.65	
Total		11.8	264.75	264.65	11.9
		276.55			276.55



(halamana ini sengaja di kosongkan)

BAB VI NERACA PANAS

6.1 Neraca Panas Proses Pembuatan Pisau Dapur

Tabel 6.1 Komposisi Bahan Baja Pegas Daun

No	Komponen	% Berat	Massa (g)
1	C	0.579	0.579
2	Si	0.211	0.211
3	Mn	0.815	0.815
4	P	0.0144	0.0144
5	S	0.0119	0.0119
6	Cr	0.849	0.849
7	Fe	97.5197	97.5197
Total		100	100.0

Tabel 6.2 Komposisi dalam Oli

KOMPONEN DALAM OLI	
OLI	%Berat
Sulfur	0.5
Ash	0.65
Zinc	0.16
Water	3
Bottom Solid	16
Ressins	14.6
Paraffin & Naphthenic	44.29
Aromatic	20.8
Total	100



Tabel 6.3 Kapasitas Panas dalam Oli

No	Komponen	Kapasitas Panas	Satuan
1	Sulfur	$4,38 + 0,0044T$	cal/mol ^o C
2	Ash	0,7544	cal/mol ^o C
3	Zinc	$5,25 + 0,0027T$	cal/mol ^o C
4	Water	6,72	cal/mol ^o C
5	Bottom solids	$5,77+0,00202T$	cal/mol ^o C
6	Resin	0,26769	cal/mol ^o C
7	Aromatic	0,0271	cal/mol ^o C
8	H ₂ SO ₄	0,522	cal/mol ^o C
9	ZnSO ₄	28	cal/mol ^o C
10	H ₂	$6,62 + 0,00081T$	cal/mol ^o C

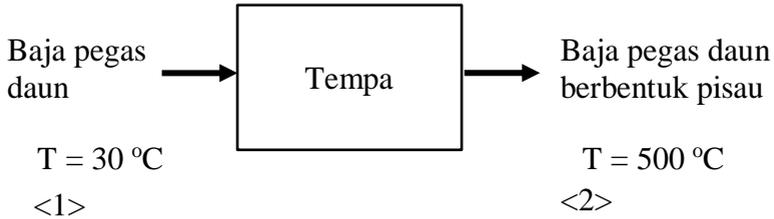
Tabel 6.4 Kapasitas panas Bahan Baja Pegas Daun

No	Komponen	Kapasitas Panas	Satuan	BM
1	C	$2.673 + 0.002617T - 116900/T^2$	cal/K.mol	12.01
2	Si	$5.74 + 0.000617T - 101000/T^2$	cal/K.mol	28.085
3	Mn	$3.76 + 0.00747T$	cal/K.mol	54.938
4	P	5.5	cal/K.mol	30.973
5	S	$3.63 + 0.00640T$	cal/K.mol	32.065
6	Cr	$4.84 + 0.00295T$	cal/K.mol	51.996
7	Fe	$4.13 + 0.00638T$	cal/K.mol	55.845

(Perry 7th ed.tabel 2)



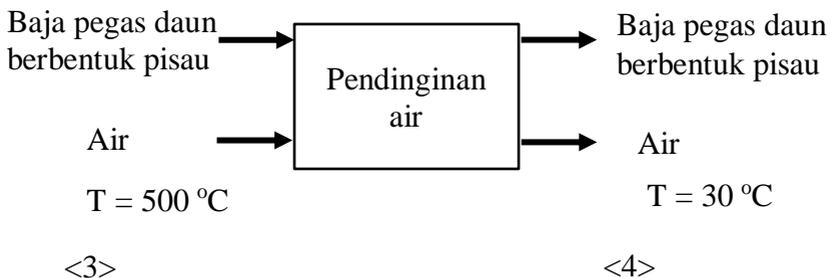
6.1.1 Neraca Panas Proses Tempa



Tabel 6.5 Neraca Panas Proses Tempa

Komponen	Masuk (kcal)	keluar (kcal)
Panas Masuk	-280401358293.51	
Entalphy Masuk <1>	-24245895.37	
Entalphy keluar <2>		-266405536274.21
Total panas hilang		-14020067914.68
Total	-280425604188.88	-280425604188.88

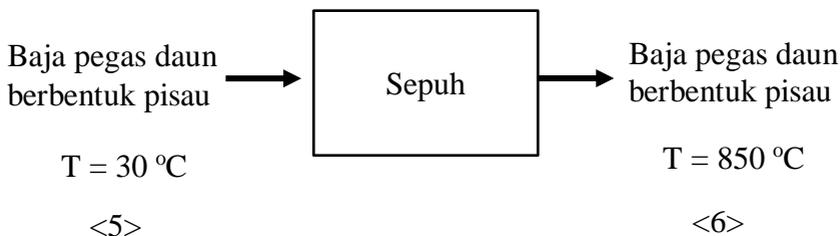
6.1.2 Neraca Panas Proses Pendinginan Air setelah Tempa



**Tabel 6.6** Neraca Panas Proses Pendinginan Air

Komponen	Masuk (kcal)	keluar (kcal)
Panas Masuk	280401344550.82	
Entalphy Masuk <1>	-266405523079.763	
Entalphy keluar <2>		-24245756.484
Total panas hilang		14020067227.541
Total	13995821471	13995821471

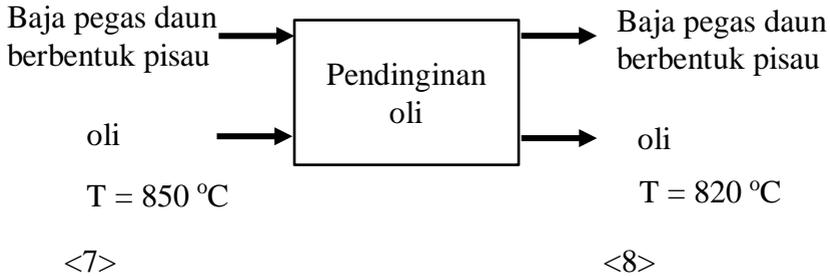
6.1.3 Neraca Panas Proses Sepuh

**Tabel 6.7** Neraca Panas Proses Sepuh

Komponen	Masuk (kcal)	keluar (kcal)
Panas Masuk	-1377848922394.79	
Entalphy Masuk <1>	-24245895.37	
Entalphy keluar <2>		-1308980722170.42
Total panas hilang		-688924446119.74
Total	-1377873168290.16	-1377873168290.16



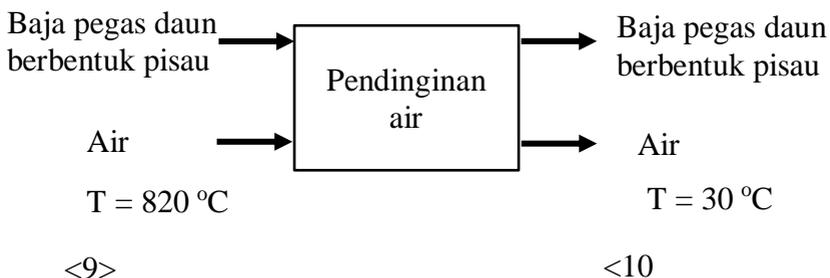
6.1.4 Neraca Panas Proses Pendinginan Oli setelah Sepuh



Tabel 6.8 Neraca Panas Proses Pendinginan oli

Komponen	Masuk (kcal)	keluar (kcal)
Panas Masuk	140807598097.12	
Entalphy Masuk <1>	-1308980695744.33	
Entalphy keluar <2>		-1175213477552.07
Total panas hilang		7040379904.86
Total	-1168173097647.21	-1168173097647.21

6.1.5 Neraca Panas Proses Pendinginan Air setelah Sepuh



**Tabel 6.9** Neraca Panas Proses Pendinginan air

Komponen	Masuk (kcal)	keluar (kcal)
Panas Masuk	1282855318689.98	
Entalphy Masuk <1>	-1218736798511.96	
Entalphy keluar <2>		-24245756.48
Total panas hilang		64142765934.50
Total	64118520178.01	64118520178.01

6.2 Neraca Panas Proses Elektroplating

Tabel 6.10 Komposisi Bahan Logam baja

No	Komponen	% Berat	Massa (g)
1	C	0.579	0.068322
2	Si	0.211	0.024898
3	Mn	0.815	0.09617
4	P	0.0144	0.0016992
5	S	0.0119	0.0014042
6	Cr	0.849	0.100182
7	Fe	97.5197	11.5073246
Total		100	11.8

Tabel 6.11 Komposisi Produk Logam Baja

No	Komponen	% Berat	Massa (g)
1	C	0.5741345	0.07552
2	Si	0.2092269	0.0413
3	Mn	0.8081513	0.118
4	P	0.0142790	0.00354

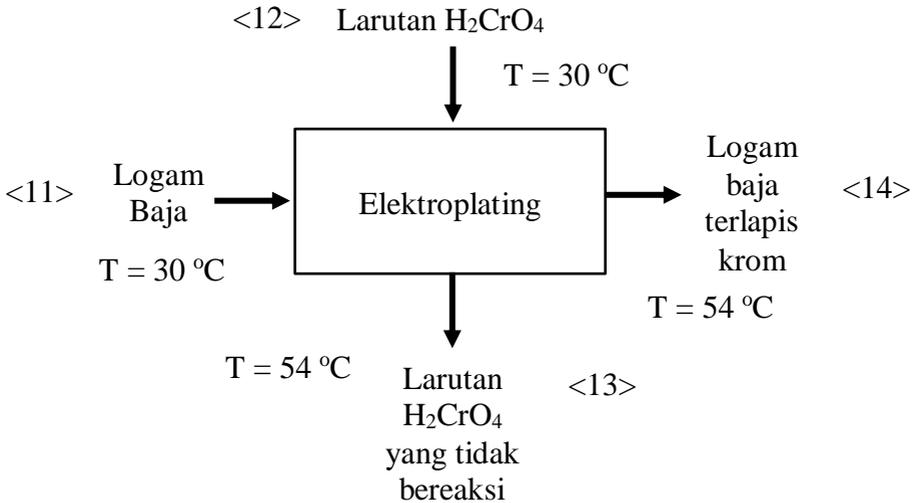


5	S	0.0118000	0.00354
6	Cr	1.6822017	0.218
7	Fe	96.7002067	11.4401
Total		100	11.9

Tabel 6.12 Kapasitas Panas

No	Komponen	Kapasitas Panas	Satuan	BM
1	C	$2.673 + 0.002617T - 116900/T^2$	cal/K.mol	12.01
2	Si	$5.74 + 0.000617T - 101000/T^2$	cal/K.mol	28.085
3	Mn	$3.76 + 0.00747T$	cal/K.mol	54.938
4	P	5.5	cal/K.mol	30.973
5	S	$3.63 + 0.00640T$	cal/K.mol	32.065
6	Cr	$4.84 + 0.00295T$	cal/K.mol	51.996
7	Fe	$4.13 + 0.00638T$	cal/K.mol	55.845

(Perry 7th ed.tabel 2)



Tabel 6.13 Neraca Panas Proses Elektroplating

Komponen	Masuk (kcal)	keluar (kcal)
Panas Masuk	392.5142394	
Entalphy Masuk <1>	4.602	
Entalphy Masuk <2>	72.930	
Entalphy Keluar <3>		422.858
Entalphy Keluar <4>		27.563
Total panas hilang		19.626
Total	470.0461516	470.0461516

BAB VII ESTIMIMASI BIAYA

7.1 Anggaran Biaya Pembuatan Pisau Dapur

Anggaran biaya yang terdapat pada pandai besi di surabaya sebagai berikut :

- Berat untuk 1 pisau yaitu 100 gram.

Peralatan (*Equipment*)

Berikut merupakan beberapa kebutuhan peralatan yang dibutuhkan dalam proses produksi :

Tabel 7.1 Biaya Investasi Peralatan per Bulan

No.	Keterangan	Jumlah	Harga Per Unit (Rp)	Lifetime (bulan)	Biaya perbulan (Rp)
1	Palu	10	380000	60	63333.33333
2	Anvil	10	375000	60	62500
3	Penjepit Besi	10	500000	60	83333.33333
4	Tungku	5	5000000	60	416666.6667
5	Blower	5	300000	60	25000
6	Media Quenching	20	60000	60	20000
7	Gerinda	10	500000	60	83333.33333
total					432.500

Biaya Kebutuhan Bahan Baku

Berikut merupakan beberapa kebutuhan bahan baku yang dibutuhkan dalam proses produksi :

**Tabel 7.2** Biaya Kebutuhan Bahan Baku Produksi per Hari

No	Keterangan	Kuantitas	Satuan	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Baja pegas daun bekas	50	kg	100000	5000000
2	oli bekas	200	liter	2000	400000
total					5.400.000

Utilitas

Utilitas yang dibutuhkan dalam proses industri ini yaitu:

Tabel 7.3 Biaya Utilitas per Bulan

No	Keterangan	Kuantitas	satuan	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Listrik	150	kWH	1500	225.000
2	Air	150	m3	5000	750.000
Total					975.000

Biaya Pendukung Lainnya

Pada proses produksi ini terdapat beberapa biaya pendukung lainnya yang terdiri dari gaji karyawan, sewa bangunan, dan *maintenance* peralatan.

Tabel 7.4 Biaya Pendukung Lainnya per Bulan

No.	Keterangan	Kuantitas	satuan	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Gaji karyawan	5	orang	1500000	7500000
2	Sewa Bangunan	1	buah	3000000	3000000
3	Maintenance perawatan			2000000	2000000



Total	11.000.000
-------	------------

7.1.1 Fixed Cost (FC)

Fixed cost atau biaya tetap meliputi PBB, penyusutan alat, sewa tanah atau bangunan, gaji karyawan, dan *maintenance* peralatan.

Tabel 7.5 Biaya Tetap per Bulan

No	Keterangan	Total Biaya
1	Investasi Alat	379.166,67
2	Utilitas	975.000
3	Lain-lain	12.500.000
Total		13.854.166,67

7.1.2 Variable Cost (VC)

Variable cost atau total biaya yang berubah-ubah tergantung dengan perubahan volume penjualan/produksi.

Tabel 7.6 Total Biaya yang Berubah-ubah per Bulan

No	Keterangan	Total Biaya (Rp)
1.	Bahan baku	2.700.000
Total		2.700.000

7.1.3 Total Cost (TC)

Total cost atau biaya total produksi merupakan hasil penjumlahan *fixed cost* dan *variable cost*. Hasil TC dalam waktu satu bulan, yaitu :

$$TC = FC + VC$$

$$TC = 13.854.166,67 + 67.500.000$$

$$TC = \text{Rp } 81.354.166,67$$



7.1.4 Harga Pokok Penjualan (HPP)

Harga pokok penjualan adalah seluruh biaya yang dikeluarkan untuk memperoleh barang yang dijual atau harga perolehan dari barang yang dijual.

1. HPP

$$\text{HPP} = \frac{\text{TC}}{\text{Jumlah Produk Per Bulan}}$$

$$\text{HPP} = \frac{81.354.166,67}{250}$$

$$\text{HPP} = \text{Rp. } 325.416,67$$

2. Harga Jual

$$\text{Harga Jual} = \frac{\text{HPP}}{(1 - \% \text{Mark Up})}$$

$$\text{Harga Jual} = \frac{325.416,67}{(1 - 0,05)}$$

$$\text{Harga Jual} = \text{Rp. } 342.543,8596$$

3. Laba

$$\begin{aligned} \text{Laba} &= \text{Harga Jual} - \text{HPP} \\ &= 342.543,8596 - 325.416,67 \\ &= \text{Rp. } 17.127,19298 \end{aligned}$$

4. Hasil Penjualan per Bulan

$$\text{Hasil Penjualan/Bulan} = \text{Harga Jual} \times \text{Jumlah Produk/Bulan}$$

$$\text{Hasil Penjualan per Bulan} = 342.543,8596 \times 250$$

$$\text{Hasil Penjualan pr Bulan} = \text{Rp. } 85.635.964,91$$

5. Laba per Bulan

$$\text{Laba/Bulan} = \text{Laba} \times \text{Jumlah Produk/Bulan}$$

$$\text{Laba/Bulan} = 17.127,19298 \times 250$$

$$\text{Laba/Bulan} = \text{Rp. } 4.281.798,246$$

6. Laba per Tahun

$$\text{Laba/Tahun} = \text{Laba/Bulan} \times 12$$

$$\text{Laba/Tahun} = 4.281.798,246 \times 12$$

$$\text{Laba/Tahun} = \text{Rp. } 51.381.578,95$$



7.1.5 Break Event Point (BEP)

Break event point (BEP) adalah titik impas dimana posisi jumlah pendapatan dan biaya sama atau seimbang sehingga tidak terdapat keuntungan ataupun kerugian dalam suatu perusahaan.

7.1.5.1 Metode Perhitungan (Aljabar)

- a) Menentukan BEP dalam jumlah unit produk

$$\text{BEP} = \frac{\text{Fixed Cost}}{P-VC}$$
$$\text{BEP} = \frac{13.854.166,67}{350.000 - 270.000}$$
$$\text{BEP} = 173,177 \text{ unit}$$

- b) Menentukan BEP dalam jumlah unit produk

$$\text{BEP} = \frac{\text{Fixed Cost}}{1-(VC/P)}$$
$$\text{BEP} = \frac{13.854.166,67}{1-(270.000/350.000)}$$
$$\text{BEP} = \text{Rp. } 60.611.979.17$$

Keterangan :

- Data *fixed cost* diperoleh dari **Tabel 6.5**
- P merupakan Harga Jual dimana data diperoleh pada subbab **6.4 Harga Penjualan Produk (HPP)**
- VC merupakan biaya variabel per produksi dimana data diperoleh dari subbab **6.2 Variable Cost**

7.2 Anggaran Biaya Pembuatan Produk Elektroplating

Kapasitas produksi pelapisan pisau dapur adalah 1000 pisau/hari, dengan rincian sebagai berikut :

- Berat untuk 1 pisau yaitu 100 gram.

Peralatan (Equipment)



Berikut merupakan beberapa kebutuhan peralatan yang dibutuhkan dalam proses produksi :

Tabel 7.7 Biaya Investasi Peralatan per Bulan

No.	Keterangan	Jumlah	Harga Per Unit (Rp)	Lifetime (bulan)	Biaya perbulan (Rp)
1	Mesin Poles	20	300000	60	100.000
2	Tangki Pencucian	5	900000	60	75.000
3	Bak Plating	10	750000	60	125.000
4	Kabel dan penyangga	10	90000	60	15.000
5	Rectifier	5	2100000	60	175.000
total					432.500

Biaya Kebutuhan Bahan Baku

Berikut merupakan beberapa kebutuhan bahan baku yang dibutuhkan dalam proses produksi :

Tabel 7.8 Biaya Kebutuhan Bahan Baku Produksi per Hari

No	Keterangan	Kuantitas	Satuan	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Asam Kromat	30	kg	115000	3450000
2	Asam Sulfat	10	liter	97500	975000
3	Plat Krom	30	kg	245000	7350000
4	Aquadest	250	liter	1000	250000
5	NaOH	10	kg	11000	110000
total					12.135.000

Utilitas



Utilitas yang dibutuhkan dalam proses industri ini yaitu:

Tabel 7.9 Biaya Utilitas per Bulan

No	Keterangan	Kuantitas	satuan	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Listrik	150	kWH	1500	225.000
2	Air	150	m3	5000	750.000
Total					975.000

Biaya Pendukung Lainnya

Pada proses produksi ini terdapat beberapa biaya pendukung lainnya yang terdiri dari gaji karyawan, sewa bangunan, dan *maintenance* peralatan.

Tabel 7.10 Biaya Pendukung Lainnya per Bulan

No.	Keterangan	Kuantitas	satuan	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Gaji karyawan	5	orang	1500000	7500000
2	Sewa Bangunan	1	buah	3000000	3000000
3	Maintenance perawatan			2000000	2000000
Total					11,000,000

7.2.1 Fixed Cost (FC)

Fixed cost atau biaya tetap meliputi PBB, penyusutan alat, sewa tanah atau bangunan, gaji karyawan, dan *maintenance* peralatan.

Tabel 7.11 Biaya Tetap per Bulan



No	Keterangan	Total Biaya
1	Investasi Alat	432.500
2	Utilitas	975.000
3	Lain-lain	12.500.000
Total		13.907.500

7.2.2 Variable Cost (VC)

Variable cost atau total biaya yang berubah-ubah tergantung dengan perubahan volume penjualan/produksi.

Tabel 7.12 Total Biaya yang Berubah-ubah per Bulan

No	Keterangan	Total Biaya (Rp)
1.	Bahan baku	12.135.000
Total		12.135.000

7.2.3 Total Cost (TC)

Total cost atau biaya total produksi merupakan hasil penjumlahan *fixed cost* dan *variable cost*. Hasil TC dalam waktu satu bulan, yaitu :

$$TC = FC + VC$$

$$TC = 13.907.500 + 303.375.000$$

$$TC = \text{Rp } 317.282.500$$

7.2.4 Harga Pokok Penjualan (HPP)

Harga pokok penjualan adalah seluruh biaya yang dikeluarkan untuk memperoleh barang yang dijual atau harga perolehan dari barang yang dijual.

7. HPP

$$HPP = \frac{TC}{\text{Jumlah Produk Per Bulan}}$$

$$HPP = \frac{317.282.500}{25.000}$$



$$\text{HPP} = \text{Rp. } 12.691$$

8. Harga Jual

$$\text{Harga Jual} = \frac{\text{HPP}}{(1 - \% \text{Mark Up})}$$

$$\text{Harga Jual} = \frac{12.691}{(1 - 0.4)}$$

$$\text{Harga Jual} = \text{Rp. } 21.152$$

9. Laba

$$\begin{aligned} \text{Laba} &= \text{Harga Jual} - \text{HPP} \\ &= 21.152 - 12.691 \\ &= 8.460 \end{aligned}$$

10. Hasil Penjualan per Bulan

$$\text{Hasil Penjualan/Bulan} = \text{Harga Jual} \times \text{Jumlah Produk/Bulan}$$

$$\text{Hasil Penjualan per Bulan} = 21.152 \times 25.000$$

$$\text{Hasil Penjualan pr Bulan} = \text{Rp. } 528.804.167$$

11. Laba per Bulan

$$\text{Laba/Bulan} = \text{Laba} \times \text{Jumlah Produk/Bulan}$$

$$\text{Laba/Bulan} = 8.460 \times 25.000$$

$$\text{Laba/Bulan} = \text{Rp. } 211.521.667$$

12. Laba per Tahun

$$\text{Laba/Tahun} = \text{Laba/Bulan} \times 12$$

$$\text{Laba/Tahun} = 211.521.667 \times 12$$

$$\text{Laba/Tahun} = \text{Rp. } 2.538.260.000$$

7.2.5 Break Event Point (BEP)

Break event point (BEP) adalah titik impas dimana posisi jumlah pendapatan dan biaya sama atau seimbang sehingga tidak terdapat keuntungan ataupun kerugian dalam suatu perusahaan.

7.2.5.1 Metode Perhitungan (Aljabar)



c) Menentukan BEP dalam jumlah unit produk

$$\text{BEP} = \frac{\text{Fixed Cost}}{P-\text{VC}}$$

$$\text{BEP} = \frac{13.907.500}{30.000 - 12.135}$$

$$\text{BEP} = 778,47 \text{ unit}$$

d) Menentukan BEP dalam jumlah unit produk

$$\text{BEP} = \frac{\text{Fixed Cost}}{1-(\text{VC}/P)}$$

$$\text{BEP} = \frac{13.907.500}{1-(12.135/30.000)}$$

$$\text{BEP} = \text{Rp. } 23.354.324$$

Keterangan :

- Data *fixed cost* diperoleh dari **Tabel 6.5**
- P merupakan Harga Jual dimana data diperoleh pada subbab **6.4 Harga Penjualan Produk (HPP)**
- VC merupakan biaya variabel per produksi dimana data diperoleh dari subbab **6.2 Variable Cost**

7.2.5.2 Metode Grafik

Perhitungan data pada produksi 1000 pisau dapur pelapisan

- Total Penghasilan = jumlah produksi pisau dapur pelapisan x harga jual

$$= 1000 \times \text{Rp } 30.000$$

$$= \text{Rp } 30.000.000$$
- *Fixed cost* diperoleh dari **Tabel 6.5** yaitu Rp 13.907.500
- *Variable cost* = jumlah produksi pelapisan pisau dapur x *variable cost* per produksi

$$= 1000 \times \text{Rp } 12.135$$

$$= \text{Rp } 12.135.000$$



- Total biaya = *Fixed cost* + *Variable cost*
= Rp 13.907.500+ Rp 12.135.000
= Rp 26.042.500

Kemudian untuk produksi selanjutnya dilakukan perhitungan dengan cara yang sama seperti produksi 1000 pelapisan pisau dapur. Sehingga diperoleh tabel perhitungan biaya penjualan sebagai berikut :

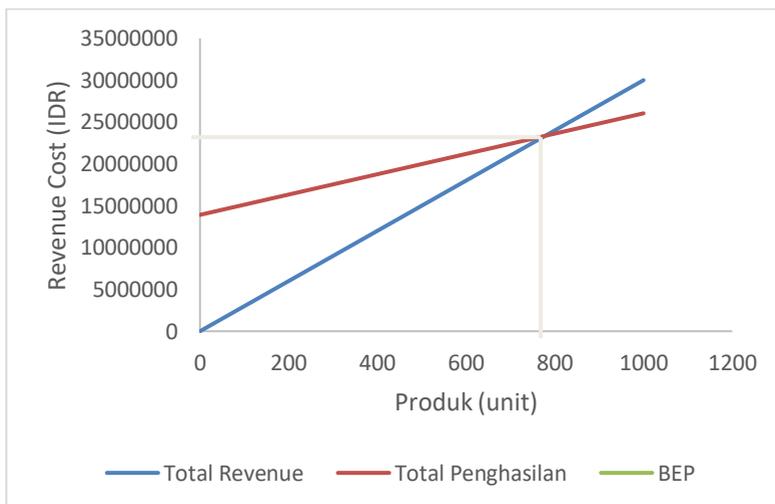
Tabel 7.13 Perhitungan Biaya Penjualan

Jumlah Produksi	Total Penghasilan	Fixed Cost	Variabel Cost	Total Biaya
0	0	13907500	0	13907500
100	3000000	13907500	1213500	15121000
200	6000000	13907500	2427000	16334500
300	9000000	13907500	3640500	17548000
400	12000000	13907500	4854000	18761500
500	15000000	13907500	6067500	19975000
600	18000000	13907500	7281000	21188500
700	21000000	13907500	8494500	22402000
800	24000000	13907500	9708000	23615500
900	27000000	13907500	10921500	24829000
1000	30000000	13907500	12135000	26042500

Dari Tabel 7.13, maka dapat dibuat Grafik 7.1



sehingga dapat diketahui BEP.



Grafik 7.1 Grafik *Break Even Point* (BEP)

Keterangan :

BEP = *Break Even Point*

TC = *Total Cost* (Total Biaya)

TR = *Total Revenue* (Total Penghasilan)

VC = *Variabel cost*

Dari grafik tersebut diketahui bahwa BEP berada pada titik produksi unit ke-778,47 unit dengan BEP rupiah yang didapatkan sebesar Rp. 23.354.324

BAB VIII

PENUTUP (KESIMPULAN DAN SARAN)

8.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang di dapat dari penelitian Tugas Akhir adalah :

1. Hasil uji struktur mikro pada proses *quenching* di dapatkan sifat mekanik JIS SUP 9A yaitu
 - Pada nilai kekerasan pada tanpa perlakuan proses *quenching* memiliki nilai sebesar 37,98 HRC
 - Pada nilai kekerasan pada dengan perlakuan proses *quenching* pada variasi *holding time* 10 detik memiliki nilai sebesar 50,04 HRC
 - Struktur mikro yang didapatkan menurut hasil uji metalografi pada spesimen tanpa perlakuan *quenching* didapatkan struktur mikro adalah Ferit dan Perlit sedangkan pada dengan perlakuan *quenching* pada variasi *holding time* 10 detik didapatkan struktur mikro adalah austenit sisa dan martensit.
2. Penambahan konsentrasi dari Asam Kromat (H_2CrO_4) 0,5 N; 1 N; 1,5 N; 2 N; 2,5 N pada larutan elektrolit akan memberikan pengaruh terhadap ketebalan rata-rata yang diperoleh 0,008 cm; 0,0155 cm; 0,0175 cm; 0,0205 cm; 0,0215 cm yang semakin tinggi konsentrasi elektrolit maka ketebalan lapisan *coating* semakin tebal.
3. Penambahan konsentrasi dari Asam Kromat (H_2CrO_4) 0,5 N; 1 N; 1,5 N; 2 N; 2,5 N pada larutan elektrolit akan memberikan pengaruh terhadap laju korosi yang didapatkan sebesar 0,016647514 $\mu\text{m}/\text{y}$; 0,015483959



$\mu\text{m}/\text{y}$; 0,014895226 $\mu\text{m}/\text{y}$; 0,014722215 $\mu\text{m}/\text{y}$;
0,013508952 $\mu\text{m}/\text{y}$.

4. Jika dibandingkan antara hasil pengujian pada penelitian dengan standar ISO 12944 bagian 2, maka dapat dilihat bahwa laju korosi yang terjadi berada pada daerah sangat rendah yaitu $\leq 1,3 \mu\text{m}/\text{y}$. Hal ini menunjukkan bahwa laju korosi yang terjadi pada spesimen uji berada pada daerah dengan laju korosi yang sangat rendah.
5. Penambahan konsentrasi dari Asam Kromat (H_2CrO_4) 0,5 N; 1 N; 1,5 N; 2 N; 2,5 N pada larutan elektrolit akan memberikan pengaruh terhadap kekerasan yang diperoleh sebesar 59,85 HRC; 60,05 HRC; 61,18 HRC; 62,4 HRC; 63,8 HRC.
6. Penambahan konsentrasi dari Asam Kromat (H_2CrO_4) pada larutan elektrolit akan memberikan pengaruh terhadap kekerasan yang diperoleh, yaitu semakin tinggi konsentrasi elektrolit maka nilai kekerasan semakin besar.

8.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah

1. Melakukan penelitian dengan rentang konsentrasi larutan elektrolit yang lebih kecil
2. Pada saat elektroplating pastikan bagian specimen tercelup dengan larutan elektrolit dan pastikan posisi specimen tidak berubah saat elektroplating.
3. Melakukan dengan menggunakan proses tempering dengan melalui media pendingin udara
4. Melakukan dengan menggunakan proses *quenching* dengan membandingkan media pendingin air garam dengan media pendingin oli.

DAFTAR PUSTAKA

- Yoshiro Yamada. 2007. *Materials for Spring*. New York : Springer.
- Aaron Deutchment. 1985. *Machine Design Theory*. London : Collier Macmillan International Edition.
- Adiel Elsafandi Ardianto. 2011. *Pengaruh Waktu Penahanan pada Proses Quenching Partitioning dan Quenching Tempering Terhadap Sifat Mekanik Baja Pegas JIS SUP 9A*. Surabaya : Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- ASM Handbook. 1991. *Atlas of Time-Temperature Diagram for Irons and Steels*. USA : ASM International.
- Januard Buyung Bandaso. 2016. *Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan dan Mikrostruktur Pisau dari Material Baja Bekas*. Surabaya : Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Jim Hrisoulas. 1991. *The Master Bladesmith*. USA : Paladin Enterprises, Inc.
- JIS Handbook. 2006. *Ferrous Materials and Metallurgy II*. Tokyo : Japanese Standard Association.
- J. L. Smith, dkk. 2009. *Heat Treatment of Metals Vol. 1*. Singapore : Alkem Company.
- K.E Thelning. 1984. *Steel and Its Heat Treatment*. London : Butterworths.
- Min Shan HTUN, dkk. 2009. *Effect of Heat Treatment on Microstructures and Mechanical Properties of Spring Steel*. Myanmar : Metallurgical Engineering and Materials Science Department, Mandalay Technological University.

- Wahid Suherman. 1987. *Diktat Pengetahuan Bahan*. Surabaya : Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- William D. Callister, Jr. 2007. *Material Science and Engineering*. USA : John Wiley & Sons, Inc.
- Sidney H. Avner. 1974. *Introduction to Physical Metallurgy*. New York : Mc. Graw Hill.
- Wildhania, Ridha. 2017. *Pengaruh Waktu Tempering Terhadap Kekerasan Dan Ketangguhan Pisau Dapur Berbahan Baja Bekas Pegas-Daun*. Surabaya : Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hermanto, Kikin. 2015. *Pengaruh Pencampuran Konsentras H_2CrO_4 Dan Gelatin Dalam Elektrolit Gel Terhadap Ketebalan Dan Kekuatan Lekat Lapisan Krom Pada Baja Dengan Metode Elektroplating*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, ITS, Surabaya
- Muhyidin ,A.M. 2016. *Pengaruh Penambahan Konsentrasi $ZnSO_4$ Terhadap Ketebalan, Sifat Adhesif Dan Ketahanan Korosi Pada Baja Astm A 213 T11 Dengan Metode Elektroplating*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, ITS, Surabaya
- A.Y. Hosny, M.E. E1-Rafei, T.A. Ramadan, B.A. E1-Gafari. 1995. Corrosion Resistance of Zinc Coatings Produced from a Sulfate Bath. **Metal Finishing** Volume 93, Issue 11, November 1995, Pages 55–59
- Calister, William D. 2009. **Materials Science And Engineering An Introduction 8th Edition**. John wiley and son. USA
- Drs. Suwinardi. 1994. **Hubungan Antara Masa Zat Yang Terbentuk Dengan Waktu Dalam Proses Elektroplating**. Undip. Semarang
- Hermanto, Kikin. 2015. *Pengaruh Pencampuran Konsentrasi H_2CrO_4 Dan Gelatin Dalam Elektrolit Gel Terhadap Ketebalan Dan Kekuatan Lekat Lapisan Krom Pada Baja*

- Dengan Metode Elektroplating. **Tugas Akhir Jurusan Teknik Material Dan Metalurgi.** ITS. Surabaya
- J.B. Bajat, V.B. Miškovi'c-Stankovi'c. 2003. Protective Properties Of Epoxy Coatings Electrodeposited On Steel Electrochemically Modified By Zn–Ni Alloys. **Progress In Organic Coatings**, Volume 49, Issue 3, April 2004, Pages 183–196
- J. Podder, J.K. Saha And. 2011. Crystallization Of Zinc Sulphate Single Crystals And Its Structural, Thermal And Optical Characterization. **Journal Of Bangladesh Academy Of Sciences**, Vol. 35, No. 2, 203-210 Kalpakjian, Serope. 2009. **Manufacturing Engineering and Technology SI 6th Edition**. Prentice Hall. New York
- L.E. Morón, Alia Méndez, F. Castañeda, J.G. Flores, L. Ortiz-Frade, Y. Meas, G. Trejo. 2011. Electrodeposition And Corrosion Behavior Of Zn Coatings Formed Using As Brighteners Arene Additives Of Different Structure. **Surface & Coatings Technology** 205 (2011) 4985–4992
- L. Setiono, Pudjaatmaka Hayana.1990. **Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Karo Dan Semimikro**. PT Kalman Media Pustaka.Jakarta
- Lowenheim, A frederick. 1978. Elekcroplating : **Fundamentals Of Surface Finishing**. McGRAW-Hill Book Company. New York
- N.C. Hosking, M.A. Stro'm, P.H. Shipway, C.D. Rudd.2007. Corrosion Resistance Of Zinc–Magnesium Coated Steel. **Corrosion Science Volume 49, Issue 9, September** 2007, Pages 3669– 3695
- P. Møller. 2014. Evaluation of Atmospheric Corrosion on Electroplated Zinc and Zinc-Nickel Coatings by

- Electrical Resistance (ER) Monitoring. **Nasf Surface Technology White Papers**. 78 (5)
- Protsenko V.S., F.I. Danilov. 2010. The Corrosion-Protective Traits of Electroplated Multilayer Zinc-Iron-Chromium Deposits. **Metal Finishing**. **Volume 108, Issue 5, May** 2010, Pages 28– 32
- Roberge, Pierre R. 1999. **Handbook Of Corrosion Engineering**. McGraw-Hill. New York
- Tracton, Arthur A. 2007. **Coatings Technology Handbook 3rd Edition**. Taylor & Francis Group, LLC. London
- Yanjerappa Arthoba Naik, Thimmappa Venkatarangaiyah Venkatesha, Perdur Vasudeva Nayak. 2002. Electrodeposition Of Zinc From Chloride Solution. **Surface and Coating Technology** 26 (2002) , 725 - 733
- Aldhi, Mohamad. 2009. *Pengaruh Konsentrasi CuCN dan Gelatin Dalam Elektrolit Gel CuCN terhadap Ketebalan Lapisan Tembaga pada Elektroplating Baja JIS G 3141*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, ITS, Surabaya
- Brenner, Abner. 1963. *Electrodeposition of Alloys Principle and Practice*. New York : Academic Press Inc.
- Campbell, F. C. 2008. *Elements of Metallurgy and Engineering Alloys*. United States of America : ASM International
- Ceric et al. 2006. Three-Dimensional Simulation of Intrinsic Stress Build-Up in Thin Films. Institute for Microelectronics, Wien, Austria for Paper of Simulation of Semiconductor Processes and Devices, 2006 International Conference
- Cotell et al. 1994. *Volume 5 ASM Metal HandBook Surface Engineering*. United States of America : ASM International

- Dennis and Such. 1993. *Nickel and Chromium Plating Third Edition*. Cambridge, England : Woodhead Publishing Limited
- Dini, Jack W. 1994. *Electrodeposition The Material Science of Coatings and Substrates Reprint Edition*. Livermore, California : Noyes Publications
- Diyatmika, I. M. W. 2009. *Pengaruh Densitas Arus dan Waktu Kontak Elektrolit Gel CuCN terhadap Ketebalan Lapisan Tembaga pada Elektroplating Baja JIS G 3141*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, ITS, Surabaya.
- Djabourov et al. 1988. *Gelation of aqueous gelatin solution. I. Structural investigation*. Journal de Physique Laboratoire de Physique Thermique, Vauquelin, Paris, France.
- Djokić, Stojan. 2014. *Modern Aspects of Electrochemistry 57 : Electrodeposition and Surface Finishing Fundamentals and Applications*. New York, United States of America : Springer Science+Business Media
- Dubpernell, George. 1977. *Electrodeposition of Chromium from Chromic Acid Solutions*. Ferndale, Michigan : Pergamon Press, Inc.
- Florence et al. 2011. *Studies on Electrodeposition of Copper from Methanesulphonic Acid Bath*. Department of Chemistry, Holy Cross College (Autonomous), Tamilnadu, India, Paper for International Journal of ChemTech Research CODEN (USA) : IJCRGG vol 3, no 3, 1318-1325
- Flötotto, David. 2013. *Mechanisms of Intrinsic Stress Formation in Thin Film Systems*. Dissertation an der Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme (ehemals

- Max-Planck-Institut für Metallforschung) Institut für Materialwissenschaft der Universität Stuttgart
- Gamburg and Zangari, 2011. *Theory and Practice of Metal Electrodeposition*. New York, United States of America : Springer Science+Business Media, LLC
- Goldschmidt and Streitberger. 2007. *BASF Handbook on Basics of Coating Technology 2nd revised edition*. Münster, Germany : Vincentz Network
- Guertin et al, 2005. *Chromium (VI) Handbook*. New York, United States of America : CRC Press
- Hollauer, Christian. 2007. *Modelling of Thermal Oxidation and Stress Effects*. Dissertation an der Technischen Universität Wien Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
- Huang and Lou. 2006. *Electroplating*. Journal of Department of Chemical Engineering, Lamar University, Beaumont, Texas, USA and Department of Chemical Engineering and Materials Science, Wayne State University, Detroit, Michigan, USA
- Hutchinson, John W. 1996. *Stresses and Failure Modes in Thin Films and Multilayers*. Journal of Division of Engineering and Applied Sciences Harvard University, Cambridge, United States of America.
- Itagaki et al. 2003. *Copper Plating Using Gel Electrolyte : I. Preparation of Electrolyte and Electrochemical Behavior of Copper Deposition*. Journal of Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science Vol 54 no. 1
- Jovic´ VD. 1995 *Electrochemical Deposition and Dissolution of Alloys and Metal Composites – Fundamental Aspects*. In: White RE, Bockris JO'M, Conway BE

- (eds) *Modern Aspects of Electrochemistry*. vol. 27. New York, United States of America : Plenum Press. 143–232
- Kanani, Naser. 2005. *Basic Principles, Processes and Practice*. Berlin, Jerman : Elsevier Ltd.
- Ledward, D.A. 1990. *Functional properties of gelatin:Gums and Stabilisers for the Food Industry*, 5, G.O. Phillips, D.I. Weslock and P.A. Williams, eds. Oxford. IRL Press University Press. 145-156.
- Ledward, D. A. 2000. *Handbook of Hydrocolloids*. Cambridge, England and Boca Raton, Florida, USA : Woodhead Publishing and CRC Press LLC
- Mandich and Snyder. 2010. *Modern Electroplating Fifth Edition*. New Jersey, USA : John Wiley & Sons
- Osborne, Ken. 2006. *Electroplating*. Journal of Metal Protection Ltd. Auckland, New Zealand
- Paine, Peter J. 2011. *Chromium Plating : The Past, the present and the future*. Ottawa, Ontario, Canada : Journal of Environment Canada
- Paunovich, et al. 2010. *Fundamental Consideration – Modern Electroplating Fifth Edition*. New Jersey, USA. John Wiley & Sons
- Poppe, Jan. 1992. *Thickening and Gelling Agents for Food Second edition*. Leicester, England : Springer-Science+Business Media Dordrecht
- Poyner, J.A. 1987. *Electroplating*. Hertfordshire, England: Argus Book
- Ramachandran, G.N. 1967. *Treatise on Collagen*. New York. Academic Press.
- Rose, P.I. 1987. *Gelatin*. In: *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*, 2nd edition, 488-513

- Schrieber and Gareis. 2007. *Gelatine Handbook Theory and Industrial Practice*. Weinheim, Jerman : Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
- Setyo dan Malau. 2012. *Pengaruh Kuat Arus pada Pelapisan Nickel dan Nickel-Hard Chromium Plating terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Permukaan Baja AISI 410*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada untuk Makalah pada Prosiding SNST ke-3 Tahun 2012, Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim, Semarang
- Siregar, F. L. 2010. *Pengaruh Keasaman (pH), Waktu terhadap Tebal Lapisan dan Kecerahan Permukaan pada Pelapisan Emas terhadap Tembaga*. Tesis Program Pascasarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Medan
- Stevens, Paul. 2010. *Gelatine* in Imeson, Alan (eds) *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Oxford, United Kingdom : Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Ltd, Publication
- Svenson, Eric. 2006. *DuraChrome Hard Chromium Plating*. Cocoa, Florida, USA : Journal of Plating Resources, Inc.
- Tushinsky et al, 2002. *Coated Metal Structure and Properties of Metal-Coating Compositions*. New York, United States of America : Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Wei et al. 2012. *Effects of Thiourea and Gelatin on the Electrodeposition of Sn-Ag Solder Alloy*. Faculty of Engineering, University Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia for Paper of 4th Symposium on Quality Electronic Design. 978-1-14673-2688-9.

APPENDIKS A NERACA MASSA

Massa Bahan = 11.8 gram
 Satuan massa = g
 Basis waktu = 1

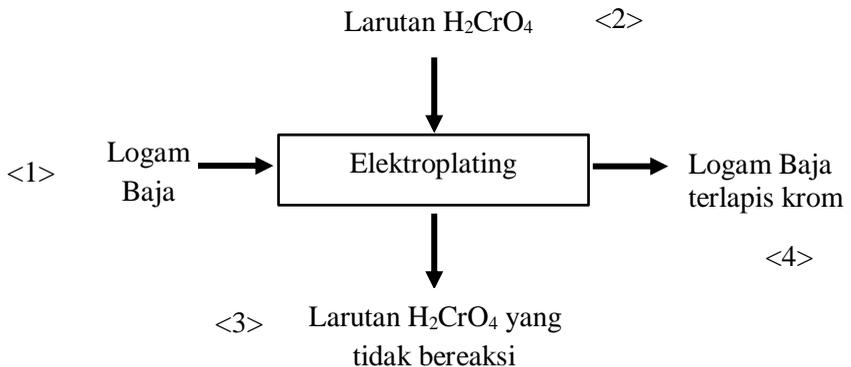
A.1 Neraca Massa Proses Elektroplating

Fungsi : untuk melapisi pisau dapur dengan krom

Berikut komposisi bahan baku pisau dapur

komposisi	% Berat	Massa
C	0.579	0.068322
Si	0.211	0.024898
Mn	0.815	0.09617
P	0.0144	0.0016992
S	0.0119	0.0014042
Cr	0.849	0.100182
Fe	97.5197	11.5073246
total	100	11.8

A.1.1 Proses Elektroplating



Appendiks A – Perhitungan Neraca Massa

Aliran 1

Logam Baja

No	komposisi	% Berat	Massa (g)
1	C	0.579	0.068322
2	Si	0.211	0.024898
3	Mn	0.815	0.09617
4	P	0.0144	0.0016992
5	S	0.0119	0.0014042
6	Cr	0.849	0.100182
7	Fe	97.5197	11.5073246
total		100	11.8

Aliran 2

Larutan H₂CrO₄

No	Komposisi	% Berat	Massa (g)
1	H ₂ CrO ₄	6%	14.75
	1 H		0.25
	2 Cr		6.50
	3 O		8
2	H ₂ O	94%	250
Total		100%	264.75

Massa Masuk

Komponen	Massa (g)	
	Aliran 1	Aliran 2
C	0.068322	
Si	0.024898	
Mn	0.09617	
P	0.0016992	
S	0.0014042	
Cr	0.100182	
Fe	11.5073246	
H ₂ CrO ₄		264.75
Total	11.8	264.75
	276.55	

Aliran 3

Larutan H₂CrO₄ yang tidak bereaksi

No	Komposisi	% Berat	Massa (g)
1	H ₂ CrO ₄	6%	14.65
	1	H	0.25
	2	Cr	6.40
	3	O	8
2	H ₂ O	94%	250
Total		100%	264.65

Appendiks A – Perhitungan Neraca Massa

Aliran 4

Logam baja terlapis krom

No	komposisi	% Berat	Massa (g)
1	C	0.5741345	0.068322
2	Si	0.2092269	0.024898
3	Mn	0.8081513	0.09617
4	P	0.0142790	0.0016992
5	S	0.0118000	0.0014042
6	Cr	1.6822017	0.200182
7	Fe	96.7002067	11.5073246
total		100	11.9

Massa Keluar

Komponen	Massa (g)	
	Aliran 3	Aliran 4
C		0.068322
Si		0.024898
Mn		0.09617
P		0.0016992
S		0.0014042
Cr		0.200182
Fe		11.5073246
H ₂ CrO ₄	264.65	
Total	264.65	11.9
	276.55	

Appendiks A – Perhitungan Neraca Massa

Neraca Massa Proses Elektroplating

No	Komponen	Massa (g)			
		Masuk		Keluar	
		Aliran 1	Aliran 2	Aliran 3	Aliran 4
1	C	0.068322			0.068322
2	Si	0.024898			0.024898
3	Mn	0.09617			0.09617
4	P	0.0016992			0.0016992
5	S	0.0014042			0.0014042
6	Cr	0.100182			0.200182
7	Fe	11.5073246			11.5073246
8	H ₂ CrO ₄		264.75	264.65	
Total		11.8	264.75	264.65	11.9
		276.55		276.55	

**APPENDIKS B
NERACA PANAS**

**Pada Proses Pembuatan Pisau Dapur
KOMPOSISI BAHAN BAJA PEGAS DAUN**

No	Komponen	% Berat	Massa (g)
1	C	0.579	0.579
2	Si	0.211	0.211
3	Mn	0.815	0.815
4	P	0.0144	0.0144
5	S	0.0119	0.0119
6	Cr	0.849	0.849
7	Fe	97.5197	97.5197
Total		100	100.0

KOMPOSISI DALAM OLI

KOMPONEN DALAM OLI	
OLI	%Berat
Sulfur	0.5
Ash	0.65
Zinc	0.16
Water	3
Bottom Solid	16
Ressins	14.6
Paraffin & Naphthenic	44.29
Aromatic	20.8
Total	100

KAPASITAS PANAS OLI

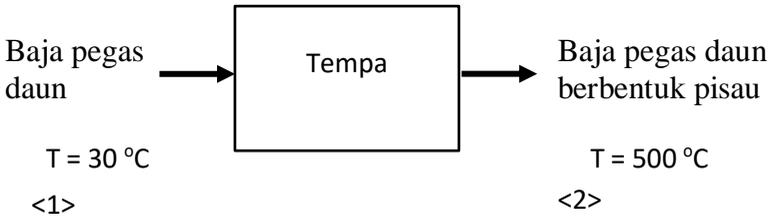
No	Komponen	Kapasitas Panas	Satuan
1	Sulfur	$4,38 + 0,0044T$	cal/mol°C
2	Ash	0,7544	cal/mol°C
3	Zinc	$5,25 + 0,0027T$	cal/mol°C
4	Water	6,72	cal/mol°C
5	Bottom solids	$5,77+0,00202T$	cal/mol°C
6	Resin	0,26769	cal/mol°C
7	Aromatic	0,0271	cal/mol°C
8	H ₂ SO ₄	0,522	cal/mol°C
9	ZnSO ₄	28	cal/mol°C
10	H ₂	$6,62 + 0,00081T$	cal/mol°C

KAPASITAS PANAS

No	Komponen	Kapasitas Panas	Satuan	BM
1	C	$2.673 + 0.002617T - 116900/T^2$	cal/K.mol	12.01
2	Si	$5.74 + 0.000617T - 101000/T^2$	cal/K.mol	28.085
3	Mn	$3.76 + 0.00747T$	cal/K.mol	54.938
4	P	5.5	cal/K.mol	30.973
5	S	$3.63 + 0.00640T$	cal/K.mol	32.065
6	Cr	$4.84 + 0.00295T$	cal/K.mol	51.996
7	Fe	$4.13 + 0.00638T$	cal/K.mol	55.845

(Perry 7th ed.tabel 2)

Neraca Panas Proses Tempa



$T_{ref} = 25\text{ °C} = 298\text{ °K}$

Panas Masuk

Contoh perhitungan pada komponen NaCl

$$H_i = \int_{T_{ref}}^T n C \cdot Cp \cdot dT$$

(Himmelblau, david 6th Ed, hal 386)

dengan

$T_{ref} = 25\text{ °C} = 298\text{ °K}$

$T\ C\ masuk = 30\text{ °C} = 303\text{ °K}$

$mol\ C\ <1> = 0,04821$

$$\begin{aligned} H_i &= 0,004821 \int_{25}^{30} a + bT + cT^2 + dT^{-2} \\ &= 0,004821 \times aT + b/2 T^2 + c/3 T^3 - dT^{-1} \\ &= 0,004821 \times 10,79 T + 0,00420/2 T^2 \\ &= -21368803\text{ cal} \end{aligned}$$

Sehingga, entalphy masuk <1> proses tempa dapat dituliskan sebagai berikut :

Komponen	Massa (g)	Mole (mol)	T (°C)	T (°K)	Cp.dT	H (cal)
C	0.579	0.048209 825	30	30 3	- 4432458 20	- 21368803. 46

Appendiks B – Perhitungan Neraca Panas

Si	0.211	0.007512 907	30	30 3	- 3829583 05	- 2877130.2 21
Mn	0.815	0.014834 905	30	30 3	19.8271 25	0.2941335 12
P	0.0144	0.000464 921	30	30 3	27.5	0.0127853 29
S	0.0119	0.000371 121	30	30 3	19.03	0.0070624 36
Cr	0.849	0.016328 179	30	30 3	24.6056 25	0.4017650 52
Fe	97.519 7	1.746256 603	30	30 3	21.5272 5	37.592102 46
Total						- 24245895. 373

Sehingga, entalphy keluar <2> proses tempa dapat dituliskan sebagai berikut :

Komponen	Massa (g)	Mole (mol)	T (°C)	T (°K)	Cp.dT	H (cal)
C	0.579	0.04820 9825	50 0	77 3	- 4.8702E +12	- 2.34793E+1 1
Si	0.211	0.00751 2907	50 0	77 3	- 4.2078E +12	- 3161286587 0
Mn	0.815	0.01483 4905	50 0	77 3	2717.41 5625	40.3126021
P	0.0144	0.00046	50	77	2612.5	1.21460627

Appendiks B – Perhitungan Neraca Panas

		4921	0	3		
S	0.0119	0.00037 1121	50 0	77 3	19.03	0.007062436
Cr	0.849	0.01632 8179	50 0	77 3	24.6056 25	0.401765052
Fe	97.519 7	1.74625 6603	50 0	77 3	21.5272 5	37.59210246
Total						- 2664055362 74.207

$Q_{\text{loss}} = 5\%$ panas masuk

Neraca panas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$H_{\text{in}} + Q_{\text{masuk}} = H_{\text{out}} + Q_{\text{masuk}}$$

$$-24245895.373 + Q_{\text{masuk}} = -266405536274.207 + 5\%$$

Q_{masuk}

$$0,95 \quad Q_{\text{masuk}} = -266381290378.834 \text{ cal}$$

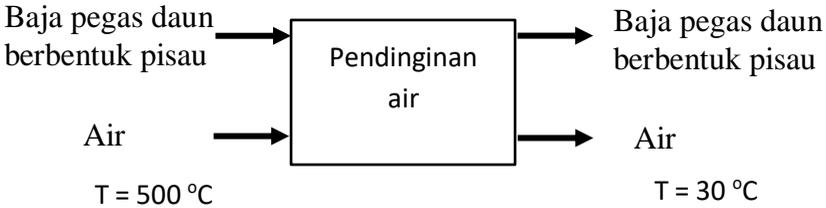
$$Q_{\text{masuk}} = -280401358293.51 \text{ cal}$$

Sehingga, $Q_{\text{loss}} = -14020067914.68 \text{ cal}$

Neraca Panas Proses Tempa

Komponen	Masuk (kcal)	keluar (kcal)
Panas Masuk	-280401358293.51	
Entalphy Masuk <1>	-24245895.37	
Entalphy keluar <2>		-266405536274.21
Total panas hilang		-14020067914.68
Total	-280425604188.88	-280425604188.88

Proses Pendinginan Air setelah Tempa



<3>

<4>

Sehingga, entalphy masuk <3> proses pendinginan air setelah proses tempa dapat dituliskan sebagai berikut :

Komponen	Massa (g)	Mole (mol)	T (°C)	T (°K)	Cp.dT	H (cal)
C	0.579	0.04820 9825	50 0	77 3	- 4.8702E +12	- 2.34793E+1 1
Si	0.211	0.00751 2907	50 0	77 3	- 4.2078E +12	- 3161286587 0
Mn	0.815	0.01483 4905	50 0	77 3	2717.41 5625	40.3126021
P	0.0144	0.00046 4921	50 0	77 3	2612.5	1.21460627
S	0.0119	0.00037 1121	50 0	77 3	19.03	0.007062436
Cr	0.849	0.01632 8179	50 0	77 3	24.6056 25	0.401765052
Fe	97.519 7	1.74625 6603	50 0	77 3	21.5272 5	37.59210246

Appendiks B – Perhitungan Neraca Panas

air	500	27.7777 7778	50 0	77 3	475	13194.44444
Total						- 2664055230 79.763

Sehingga, entalphy keluar <4> proses pendinginan air setelah proses tempa dapat dituliskan sebagai berikut :

Komponen	Massa (g)	Mole (mol)	T (°C)	T (°K)	Cp.dT	H (cal)
C	0.579	0.048209 825	30	30 3	- 4432458 20	- 21368803. 46
Si	0.211	0.007512 907	30	30 3	- 3829583 05	- 2877130.2 21
Mn	0.815	0.014834 905	30	30 3	19.8271 25	0.2941335 12
P	0.0144	0.000464 921	30	30 3	27.5	0.0127853 29
S	0.0119	0.000371 121	30	30 3	19.03	0.0070624 36
Cr	0.849	0.016328 179	30	30 3	24.6056 25	0.4017650 52
Fe	97.519 7	1.746256 603	30	30 3	21.5272 5	37.592102 46
air	500	27.77777 778	30	30 3	5	138.88888 89
Total						- 24245756.

Appendiks B – Perhitungan Neraca Panas

	484
--	-----

$Q_{\text{loss}} = 5\%$ panas masuk

Neraca panas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$H_{\text{in}} + Q_{\text{masuk}} = H_{\text{out}} + Q_{\text{masuk}}$$

$$-266405523079.763 + Q_{\text{masuk}} = -24245756.484 + 5\%$$

Q_{masuk}

$$0,95 Q_{\text{masuk}} = 266381277323.278 \text{ cal}$$

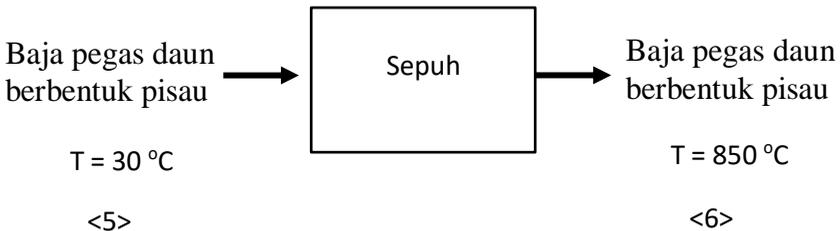
$$Q_{\text{masuk}} = 280401344550.82 \text{ cal}$$

Sehingga, $Q_{\text{loss}} = 14020067227.541 \text{ cal}$

Neraca Panas Proses Pendinginan Air setelah Proses Tempa

Komponen	Masuk (kcal)	keluar (kcal)
Panas Masuk	280401344550.82	
Entalphy Masuk <1>	-266405523079.763	
Entalphy keluar <2>		-24245756.484
Total panas hilang		14020067227.541
Total	13995821471	13995821471

Neraca Panas Proses Sepuh



Sehingga, entalphy masuk <5> proses sepuh dapat dituliskan sebagai berikut :

Komponen	Massa (g)	Mole (mol)	T (°)	T (°)	Cp.dT	H (cal)
----------	-----------	------------	-------	-------	-------	---------

Appendiks B – Perhitungan Neraca Panas

			C)	K)		
C	0.579	0.048209 825	30	30 3	- 4432458 20	- 21368803. 46
Si	0.211	0.007512 907	30	30 3	- 3829583 05	- 2877130.2 21
Mn	0.815	0.014834 905	30	30 3	19.8271 25	0.2941335 12
P	0.0144	0.000464 921	30	30 3	27.5	0.0127853 29
S	0.0119	0.000371 121	30	30 3	19.03	0.0070624 36
Cr	0.849	0.016328 179	30	30 3	24.6056 25	0.4017650 52
Fe	97.519 7	1.746256 603	30	30 3	21.5272 5	37.592102 46
Total						- 24245895. 373

Sehingga, enthalpy keluar <6> proses sepuh dapat dituliskan sebagai berikut :

Komponen	Massa (g)	Mole (mol)	T (°C)	T (°K)	Cp.dT	H (cal)
C	0.579	0.04820 9825	85 0	11 23	- 2.393E+ 13	- 1.15365E+12
Si	0.211	0.00751 2907	85 0	11 23	- 2.0675E	- 1.55329E+11

Appendiks B – Perhitungan Neraca Panas

					+13	
Mn	0.815	0.01483 4905	85 0	11 23	5798.20 3125	86.01579138
P	0.0144	0.00046 4921	85 0	11 23	4537.5	2.109579311
S	0.0119	0.00037 1121	85 0	11 23	19.03	0.007062436
Cr	0.849	0.01632 8179	85 0	11 23	24.6056 25	0.401765052
Fe	97.519 7	1.74625 6603	85 0	11 23	21.5272 5	37.59210246
Total						- 13089807221 70.420

$Q_{\text{loss}} = 5\%$ panas masuk

Neraca panas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$H_{\text{in}} + Q_{\text{masuk}} = H_{\text{out}} + Q_{\text{masuk}}$$

$$-24245895.37 + Q_{\text{masuk}} = -1308980722170.42 + 5\%$$

Q_{masuk}

$$0,95 \quad Q_{\text{masuk}} = -1308956476275.05 \text{ cal}$$

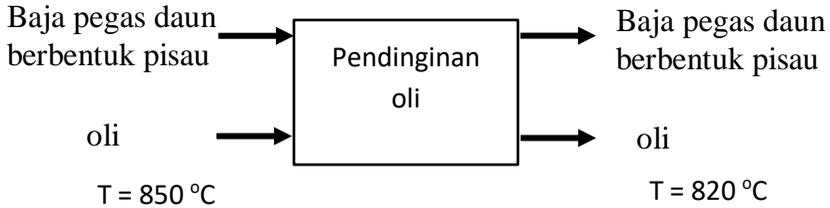
$$Q_{\text{masuk}} = -1377848922394.79 \text{ cal}$$

Sehingga, $Q_{\text{loss}} = -68892446119.74 \text{ cal}$

Neraca Panas Proses Sepuh

Komponen	Masuk (kcal)	keluar (kcal)
Panas Masuk	-1377848922394.79	
Entalphy Masuk <1>	-24245895.37	
Entalphy keluar <2>		-1308980722170.42
Total panas hilang		-68892446119.74
Total	-1377873168290.16	-1377873168290.16

Neraca Panas Proses Pendinginan Oli setelah Sepuh



<7>

<8>

Sehingga, entalphy masuk <7> proses pendinginan oli setelah proses sepuh dapat dituliskan sebagai berikut :

Komponen	Mass a (g)	Mole (mol)	T (^o C)	T (^o K)	Cp.dT	H (cal)
C	0.579	0.0482 09825	85 0	11 23	- 2.393E +13	- 1.15365E+ 12
Si	0.211	0.0075 12907	85 0	11 23	- 2.0675 E+13	- 1.55329E+ 11
Mn	0.815	0.0148 34905	85 0	11 23	5798.2 03125	86.0157913 8
P	0.014 4	0.0004 64921	85 0	11 23	4537.5	2.10957931 1
S	0.011 9	0.0003 71121	85 0	11 23	19.03	0.00706243 6
Cr	0.849	0.0163 28179	85 0	11 23	24.605 625	0.40176505 2
Fe	97.51	1.7462	85	11	21.527	37.5921024

Appendiks B – Perhitungan Neraca Panas

	97	56603	0	23	25	6
Komposisi oli						
Komponen	Massa (g)	Cp (cal/gr ^o C)	T (°C)	T (°K)		H (cal)
Sulfur	2.2	4.512	850	1123		5066.976
Ash	2.86	0.58	850	1123		651.34
Zinc	0.704	5.331	850	1123		5986.713
Water	13.2	6.72	850	1123		7546.56
Bottom Solid	70.4	5.83	850	1123		6547.09
Ressins	64.24	0.26	850	1123		291.98
Paraffin & Naphthenic	194.876	0.02769	850	1123		31.09587
Aromatic	91.52	0.271	850	1123		304.333
Total						- 130898069 5744.330

Sehingga, entalphy keluar <8> proses pendinginan oli setelah proses sepuh dapat dituliskan sebagai berikut :

Komponen	Massa (g)	Mole (mol)	T (°C)	T (°K)	Cp.dT	H (cal)
----------	-----------	------------	--------	--------	-------	---------

Appendiks B – Perhitungan Neraca Panas

)			
C	0.579	0.0482 09825	82 0	10 93	- 2.1484 E+13	- 1.03576E+ 12
Si	0.211	0.0075 12907	82 0	10 93	- 1.8562 E+13	- 1.39456E+ 11
Mn	0.815	0.0148 34905	82 0	10 93	5498.2 79625	81.5664548 1
P	0.014 4	0.0004 64921	82 0	10 93	4372.5	2.03286733 6
S	0.011 9	0.0003 71121	82 0	10 93	19.03	0.00706243 6
Cr	0.849	0.0163 28179	82 0	10 93	24.605 625	0.40176505 2
Fe	97.51 97	1.7462 56603	82 0	10 93	21.527 25	37.5921024 6
Komposisi oli						
Komponen	Mass a (g)	Cp (cal/gr ^o C	T (^o C	T (^o K)		H (cal)
Sulfur	0	4.512	82 0	10 93		4931.616
Ash	0	0.58	82 0	10 93		633.94
Zinc	0	5.331	82 0	10 93		5826.783
Water	0	6.72	82 0	10 93		7344.96

Appendiks B – Perhitungan Neraca Panas

Bottom Solid	0	5.83	82 0	10 93		6372.19
Ressins	0	0.26	82 0	10 93		284.18
Paraffin & Naphthenic	0	0.02769	82 0	10 93		30.26517
Aromatic	0	0.271	82 0	10 93		296.203
Total						- 117521347 7552.070

$Q_{\text{loss}} = 5\%$ panas masuk

Neraca panas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$H_{\text{in}} + Q_{\text{masuk}} = H_{\text{out}} + Q_{\text{masuk}}$$

$$-1308980695744.33 + Q_{\text{masuk}} = -1175213477552.07 + 5\%$$

Q_{masuk}

$$0,95 \quad Q_{\text{masuk}} = 133767218192.265 \text{ cal}$$

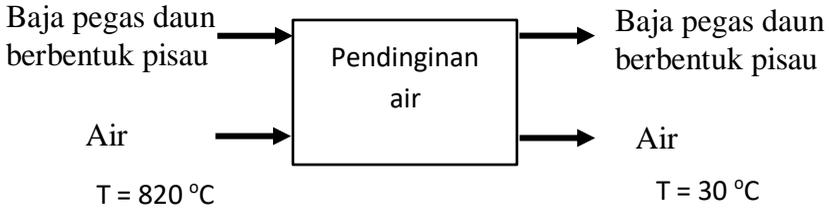
$$Q_{\text{masuk}} = 140807598097.12 \text{ cal}$$

Sehingga, $Q_{\text{loss}} = 7040379904.86 \text{ cal}$

Neraca Panas Proses Pendinginan oli setelah proses sepuh

Komponen	Masuk (kcal)	keluar (kcal)
Panas Masuk	140807598097.12	
Entalphy Masuk <1>	-1308980695744.33	
Entalphy keluar <2>		-1175213477552.07
Total panas hilang		7040379904.86
Total	-1168173097647.21	-1168173097647.21

Neraca Panas Proses Pendinginan Air setelah Sepuh



<9>

<10

Sehingga, enthalpy masuk <9> proses pendinginan air setelah proses sepuh dapat dituliskan sebagai berikut :

Komponen	Massa (g)	Mole (mol)	T (°C)	T (°K)	Cp.dT	H (cal)
C	0.579	0.04820 9825	83 0	11 03	2.228E+ 13	- 1.07412E+12
Si	0.211	0.00751 2907	83 0	11 03	1.925E+ 13	- 1.44621E+11
Mn	0.815	0.01483 4905	83 0	11 03	5597.50 7125	83.03848533
P	0.0144	0.00046 4921	83 0	11 03	4427.5	2.058437994
S	0.0119	0.00037 1121	83 0	11 03	19.03	0.007062436
Cr	0.849	0.01632 8179	83 0	11 03	24.6056 25	0.401765052
Fe	97.519 7	1.74625 6603	83 0	11 03	21.5272 5	37.59210246

Appendiks B – Perhitungan Neraca Panas

air	500	27.7777 7778	83 0	11 03	805	22361.11111
Total						- 12187367985 11.960

Sehingga, enthalpy keluar <10> proses pendinginan air setelah proses sepuh dapat dituliskan sebagai berikut :

Komponen	Massa (g)	Mole (mol)	T (°C)	T (°K)	Cp.dT	H (cal)
C	0.579	0.048209 825	30	303	- 4432458 20	- 21368803. 46
Si	0.211	0.007512 907	30	303	- 3829583 05	- 2877130.2 21
Mn	0.815	0.014834 905	30	303	19.8271 25	0.2941335 12
P	0.0144	0.000464 921	30	303	27.5	0.0127853 29
S	0.0119	0.000371 121	30	303	19.03	0.0070624 36
Cr	0.849	0.016328 179	30	303	24.6056 25	0.4017650 52
Fe	97.519 7	1.746256 603	30	303	21.5272 5	37.592102 46
air	500	27.777777 778	30	303	5	138.88888 89
Total						- 24245756.

Appendiks B – Perhitungan Neraca Panas

	484
--	-----

$Q_{\text{loss}} = 5\%$ panas masuk

Neraca panas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$H_{\text{in}} + Q_{\text{masuk}} = H_{\text{out}} + Q_{\text{masuk}}$$

$$-1218736798511.96 + Q_{\text{masuk}} = -24245756.48 + 5\%$$

Q_{masuk}

$$0,95 \quad Q_{\text{masuk}} = 1218712552755.480 \text{ cal}$$

$$Q_{\text{masuk}} = 1282855318689.98 \text{ cal}$$

Sehingga, $Q_{\text{loss}} = 64142765934.50 \text{ cal}$

Neraca Panas Proses Pendinginan air setelah proses sepuh

Komponen	Masuk (kcal)	keluar (kcal)
Panas Masuk	1282855318689.98	
Entalphy Masuk <1>	-1218736798511.96	
Entalphy keluar <2>		-24245756.48
Total panas hilang		64142765934.50
Total	64118520178.01	64118520178.01

Pada Proses Elektroplating

Komposisi Bahan Logam Baja

No	Komponen	% Berat	Massa (g)
1	C	0.579	0.068322
2	Si	0.211	0.024898
3	Mn	0.815	0.09617
4	P	0.0144	0.0016992
5	S	0.0119	0.0014042
6	Cr	0.849	0.100182
7	Fe	97.5197	11.5073246

Appendiks B – Perhitungan Neraca Panas

Total	100	11,8
--------------	------------	-------------

Komposisi Produk Logam Baja Terlapis Krom

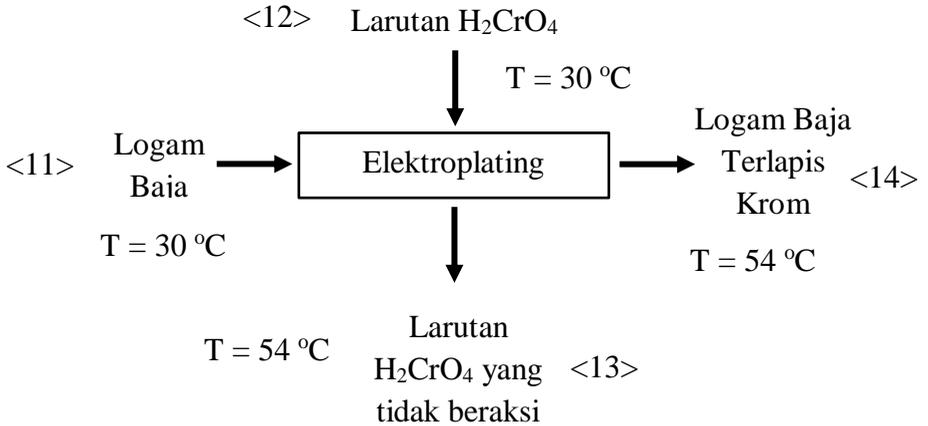
No	Komponen	% Berat	Massa (g)
1	C	0.5741345	0.068322
2	Si	0.2092269	0.024898
3	Mn	0.8081513	0.09617
4	P	0.0142790	0.0016992
5	S	0.0118000	0.0014042
6	Cr	1.6822017	0.200182
7	Fe	96.7002067	11.5073246
Total		100	11,9

Kapasitas Panas

No	Komponen	Kapasitas Panas	Satuan	BM
1	C	$2,673 + 0,002617T - 116900/T^2$	cal/K,mol	12,01
2	Si	$5,74 + 0,000617T - 101000/T^2$	cal/K,mol	28,08 5
3	Mn	$3,76 + 0,00747T$	cal/K,mol	54,93 8
4	P	5,5	cal/K,mol	30,97 3
5	S	$3,63 + 0,00640T$	cal/K,mol	32,06 5
6	Cr	$4,84 + 0,00295T$	cal/K,mol	51,99 6
7	Fe	$4,13 + 0,00638T$	cal/K,mol	55,84 5

(Perry 7th ed,tabel 2-194)

Proses Elektroplating



$$T_{ref} = 25 \text{ °C} = 298 \text{ °K}$$

Panas Masuk

Contoh perhitungan pada komponen molekul C

$$Hi = \int_{T_{ref}}^T n C \cdot Cp \cdot dT$$

(Himmelblau, david 6th Ed, hal 386)

$$T_{ref} = 25 \text{ °C} = 298 \text{ °K}$$

$$\text{Suhu C masuk} = 30 \text{ °C} = 303 \text{ °K}$$

$$\text{Mol C} = 0,00629$$

$$\begin{aligned} Hi &= 0,00629 \int_{25}^{30} a + bT + cT^2 + dT^{-2} \\ &= 0,00629 \times aT + b/2 T^2 + c/3 T^3 - dT^{-1} \\ &= 0,00629 \times 10,79 T + 0,00420/2 T^2 \\ &= 12,972 \text{ cal} \end{aligned}$$

Sehingga, entalphy masuk <11> proses elektroplating dapat dituliskan sebagai berikut :

Komponen	Massa (g)	Mole (mol)	T (°C)	T (°K)	Cp,dT	H (cal)
C	0.0683 22	0.00568 876	30	303	10.299 1965	0.058589 65
Si	0.0248 98	0.00088 652	30	303	25.825 1305	0.022894 574
Mn	0.0961 7	0.00175 052	30	303	19.827 125	0.034707 754
P	0.0016 99	5.4861E -05	30	303	27.5	0.001508 669
S	0.0014 04	4.3792E -05	30	303	19.03	0.000833 367
Cr	0.1001 82	0.00192 673	30	303	24.605 625	0.047408 276
Fe	11.507 32	0.20605 828	30	303	21.527 25	4.435868 09
Total						4,616

Dengan cara yang sama, dapat dihitung entalphy <12> proses electroplating.

Komponen	Massa (g)	Mol (mol)	T (°C)	T (°K)	Cp,dT	H (cal)
H ₂ CrO ₄	14,75	0,125	30	303	27,885 2584	3,485657 3
H ₂ O	250	13,889	30	303	5	69,444
Total						72,930

Sehingga, total enthalpy masuk adalah 77,532 cal

Sehingga, enthalpy keluar <13> proses elektroplating dapat dituliskan sebagai berikut :

Komponen	Massa (g)	Mol (mol)	T (°C)	T (°K)	Cp,dT	H (cal)
H ₂ CrO ₄	14,65	0,124	54	327	161,7	20,0797492
H ₂ O	250	13,889	54	327	29	402,778
Total						422,858

Dengan cara yang sama, dapat dihitung enthalpy <14> proses elektroplating.

Komponen	Massa (g)	Mole (mol)	T (°C)	T (°K)	Cp,dT	H (cal)
C	0.06832 2	0.0056 8876	54	327	80.2400 489	0.45646 633
Si	0.02489 8	0.0008 8652	54	327	166.929 415	0.14798 6775
Mn	0.09617	0.0017 5052	54	327	117.596 885	0.20585 5554
P	0.00169 9	5.4861 E-05	54	327	159.5	0.00875 0279
S	0.00140 4	4.3792 E-05	54	327	112.601 2	0.00493 1065
Cr	0.20018 2	0.0038 4995	54	327	143.739 225	0.55338 8829
Fe	11.5073 2	0.2060 5828	54	327	127.078 29	26.1855 3376
Total						27,668

Sehingga, total enthalpy keluar adalah 450,420 cal

Appendiks B – Perhitungan Neraca Panas

$Q_{\text{loss}} = 5\%$ panas masuk

Neraca panas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{in}} + Q_{\text{masuk}} &= H_{\text{out}} + Q_{\text{masuk}} \\
 77,532 + Q_{\text{masuk}} &= 450,420 + 5\% Q_{\text{masuk}} \\
 0,95 Q_{\text{masuk}} &= 372,889 \text{ cal} \\
 Q_{\text{masuk}} &= 392,514239 \text{ cal}
 \end{aligned}$$

Sehingga, $Q_{\text{loss}} = 19,626 \text{ cal}$

Neraca Panas Proses Kristalisasi Awal

Komponen	Masuk (kcal)	keluar (kcal)
Panas Masuk	392.5142394	
Entalphy Masuk <1>	4.602	
Entalphy Masuk <2>	72.930	
Entalphy Keluar <3>		422.858
Entalphy Keluar <4>		27.563
Total panas hilang		19.626
Total	470.0461516	470.0461516

APPENDIKS C LAMPIRAN HASIL ANALISIS



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
LABORATORIUM METALURGI
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FTI-ITS
Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111
Tel/fax: 031 591 5060 email: metalmesin@me.its.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN

TESTING REPORT

Nomor Laporan <i>Report Number</i>	495B/MS – MET/LP/VIII/2019	Tanggal <i>Date</i>	12 Agustus 2019
Dibuat untuk <i>Conducted for</i>	Rizki Agung Rahmanto (1041160000048) dan Agung Wijanarko (10411600000108) Mahasiswa Fakultas Vokasi Departemen Teknik Kimia Industri Untuk Proyek : Tugas Akhir		
Material <i>Material</i>	Pisau Pande Besi	Kode Material <i>Material Code</i>	Produk : ---
Tempat Pengujian <i>Place of testing</i>	Laboratorium Metalurgi, Departemen Teknik Mesin FTI – ITS		
Tanggal Pengujian <i>Date of testing</i>	Mulai <i>Start</i>	5 Agustus 2019	Selesai <i>Completion</i>
Jenis Pengujian <i>Type of test</i>	Uji Kekerasan dan Metalografi		
Peralatan <i>Equipment</i>	Mesin Kekerasan Mikro Hardness * SHIMADZU * Mikroskop Optik * OLYMPUS * BX – 12 M		

HASIL PENGUJIAN RESULT

1. Uji Kekerasan

No. Spes	Nama Barang	Nilai Kekerasan (HRC)					Nilai Rata Rata
		1	2	3	4	5	
1.	Pisau Pande Besi Bag. Pinggir Tipis	51.30	48.90	50.40	50.60	49.00	50.04
2.	Pisau Pande Besi Bag. Tengah	48.00	42.40	38.70	28.00	27.40	36.90
3.	Pisau Pande Besi Bag. Pinggir Tebal	47.70	41.80	38.80	28.50	27.10	36.78

Dikerjakan oleh
Executed by

Bambang Sumantri, ST
NIP.196102011981031004

Disetujui oleh
Approved by

Dr. Eka SUTIKNO, ST, MT
NIP. 197407032000031001

Halaman
Page

1
Dari -Of
4

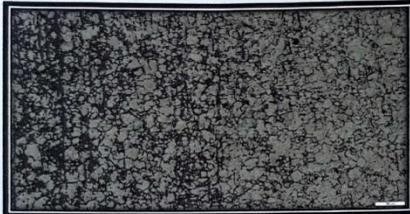


Appendiks C – Lampiran Hasil Analisis



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
LABORATORIUM METALURGI
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FT/ITS
Kampus ITS Kupuh Sukolilo Surabaya 60111
Telp/fax: 031 591 5060 email: metalmesin@me.its.ac.id

2. Uji Metalografi



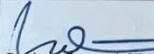
Gambar 01 : Pisau Pande Besi Bag. Tengah
Pembesaran 100 X, Etsa Nital 10 %



Gambar 02 : Pisau Pande Besi Bag. Tengah
Pembesaran 500 X, Etsa Nital 10 %

Struktur Mikro : Austenite (Terang) dan Martensit Temper (Gelap)

Dikerjakan oleh
Executed by


Bambang Sumantri, ST
NIP. 196102011981031004

Disetujui oleh
Approved by

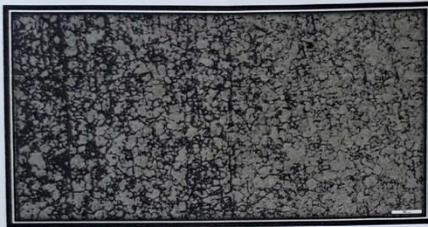

Dr. Eng. SUTIKNO, ST, MT
NIP. 197407032000031001

Halaman
Page

2
Dari -Of
4



2. Uji Metalografi



Gambar 01 : Pisau Pande Besi Bag. Tengah
 Pembesaran 100 X, Etsa Nital 10 %

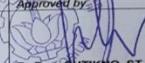


Gambar 02 : Pisau Pande Besi Bag. Tengah
 Pembesaran 500 X, Etsa Nital 10 %

Struktur Mikro : Austenite (Terang) dan Martensit Temper (Gelap)

Dikerjakan oleh
 Executed by

Bambang Sumantri
Bambang Sumantri, ST
 NIP 196102011981031004

Ditetapkan oleh
 Approved by

Dr. Endang SUTIKNO, ST, MT
 NIP. 197407032000031001

Halaman
 Page

2
 Dari -Of

4

Appendiks C – Lampiran Hasil Analisis



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
LABORATORIUM METALURGI
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FTI-ITS
Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111
Telp/fax: 031 591 5060 email: metalmesin@me.its.ac.id



Gambar 03 : Pisau Pande Besi Bag. Pinggir Tebal
Pembesaran 100 X, Etsa Nital 10 %



Gambar 03 : Pisau Pande Besi Bag. Pinggir Tebal
Pembesaran 500 X, Etsa Nital 10 %

Struktur Mikro : Austenite sisa (Terang) dan Martensit Temper (Gelap)

Dikerjakan oleh
Executed by

Bambang Sumantri, ST
NIP. 196102011981031004

Disetujui oleh
Approved by

Dr. Eng. SUTIKNO, ST, MT
NIP. 197407032000031001

Halaman
Page

3

Dari - Of

4



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
LABORATORIUM METALURGI
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FTI-ITS
Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111
Telp/fax: 031 591 5060 email: metalmesin@me.its.ac.id



Gambar 04 : Pisau Pande Besi Bag. Pinggir Tapis
Pembesaran 100 X, Etsa Nital 10 %



Gambar 04 : Pisau Pande Besi Bag. Pinggir Tapis
Pembesaran 500 X, Etsa Nital 10 %

Struktur Mikro : Martensit

Dikrijakan oleh
Executed by

Bambang Sumantri, ST
NIP. 196102011981031004

Disetujui oleh
Approved by

Dr. Eng. BUTIKNO, ST, MT
NIP. 197407032000031001

Halaman
Page

4

Dari -Of

4

BIODATA PENULIS

Penulis 1



Rizki Agung Rahmanto, penulis dilahirkan di Jombang pada tanggal 20 April 1998. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari SD Negeri Penjaringan Sari II pada tahun 2004-2010, lulus dari SMP Negeri 23 Surabaya pada tahun 2013 dan lulus dari SMA Negeri 16 Surabaya pada tahun 2016. Setelah lulus SMA, penulis diterima di Program Studi Diploma III Teknik Kimia FV-ITS dengan Nomor Registrasi 10411600000108.

Selama kuliah pada tahun kedua, penulis aktif berorganisasi menjadi staf Departemen Keprofesian dan Keilmiahan Divisi Aplikasi Teknologi HIMAD3KKIM pada tahun 2017-2018, serta mengikuti beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Kemudian di tahun ketiga, penulis aktif berorganisasi menjadi kepala divisi Aplikasi Teknologi Departemen Keprofesian dan Keilmiahan Divis HIMAD3KKIM pada tahun 2018-2019. Penulis pernah menjadi peserta PIMNAS 31 yang diadakan di Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PG Djombang Baru, Jombang.

Email : rizkiagungr98@gmail.com

Penulis 2



Agung Wijanarko, penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 30 juli 1997. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari SD Negeri Medokan Ayu 2 pada tahun 2004-2010, lulus dari SMP Negeri 12 Surabaya pada tahun 2013 dan lulus dari SMA Negeri 14 Surabaya pada tahun 2016. Setelah lulus SMA, penulis diterima di Program Studi Diploma III Teknik Kimia FV-ITS dengan Nomor Registrasi 10411600000084.

Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai bendahara Ketua bidang giat PRAMUKA ITS di tahun kepengurusan 2016-2017. Kemudian di tahun kedua, penulis aktif menjadi bagian event terbesar ITS menjadi staf sekolah budaya ITS EXPO pada tahun 2016-2017, serta mengikuti beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di Petrokimia, Gresik, Jawa Timur.

Email : undeadskeleton1@gmail.com