



JURNAL TEKNIK MESIN

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG

Najamudin dan Bambang Pratowo	Peningkatan Kualitas Kekuatan Bahan Plat Dinding Corong Tuang (<i>Hopper</i>) Melalui Proses Chromizing Untuk Meningkatkan Jumlah Produksi Batu Bara
Muhamad Yunus, Najamudin dan Kurniadi	Pengaruh Perlakuan Quenching Tempering Terhadap Keluatan Impak pada Baja Karbon Sedang
Kunarto dan Indra Sumargianto	Serat tebu (<i>Bagasse</i>) Sebagai Bahan Pengisi Pada Komposit Dengan Matriks Resin Poliester
Indra Surya dan Suhendar	Sifat Mekanis Komposit Serat Acak Limbah Sabut Kelapa Bermatriks Polyester Resin
Bambang Pratowo dan Novran Apriansyah	Analisis Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah SC 10 Dengan Tipe Rotari Bending
Zein Muhamad	Penentuan Daya Kompresor Air Conditioning (AC) Pada Kendaraan Bus

UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG

JURNAL TEKNIK MESIN	Vol. 2	No. 1	Hal 1-66	Bandar Lampung Oktober 2016	ISSN 2087- 3832
---------------------------	--------	-------	-------------	--------------------------------------	-----------------------



9 772087 383000



Volume 2 Nomor 1, Oktober 2016

DEWAN REDAKSI

- Pelindung : Dr.Eng. Fritz Akhmad Nuzir, ST, MA
(Dekan Fakultas Teknik
Universitas Bandar Lampung)
- Penanggung Jawab : Ir. Indra Surya, MT
(Ketua Program Studi Teknik Mesin UBL)
- Pimpinan Redaksi : Ir. Najamudin, MT
- Ketua Dewan Penyunting : Ir. Zein Muhamad , MT.
- Dewan Penyunting : Ir. Najamudin, MT. (UBL)
Witoni, ST, MM. (UBL)
Harjono Saputro, ST, MT. (UBL)
Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, ST, MT. (Unila)
Dr. Amrizal, ST, MT. (Unila)
- Editor : Kunarto, ST, MT
- Sekretariat : Ir. Bambang Pratowo, MT.
Suroto Adi
- Penerbit : Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Univesitas Bandar Lampung

Alamat Redaksi :
Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Bandar Lampung
Jalan ZA Pagar Alam No 26, Labuhan Ratu
Bandar Lampung 35142
Telp./Faks. : 0721-701463 / 0721-701467
Email : jtmesin@ubl.ac.id





Volume 2 Nomor 1, Oktober 2016

DAFTAR ISI

	Halaman
Dewan Redaksi	i
Daftar Isi	ii
Pengantar Redaksi.....	iii
 Peningkatan Kualitas Kekuatan Bahan Plat Dinding Corong Tuang (<i>Hopper</i>) Melalui Proses Chromizing Untuk Meningkatkan Jumlah Produksi Batu Bara Najamudin dan Bambang Pratowo	1-18
 Pengaruh Perlakuan <i>Quenching-Tempering</i> Terhadap Kekuatan Impak Pada Baja Karbon Sedang Muhamad Yunus, Najamudin dan Kurniadi	19-25
 Serat Tebu (<i>Bagasse</i>) Sebagai Bahan Pengisi Pada Komposit Dengan Matriks Resin Poliester Kunarto dan Indra Sumargianto	26-36
 Sifat Mekanis Komposit Serat Acak Limbah Sabut Kelapa Bermatriks Polyester Resin Indra Surya dan Suhendar	37-48
 Analisis Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah SC10 Dengan Tipe <i>Rotary Bending</i> Bambang Pratowo dan Novran Apriansyah	49-58
 Penentuan Daya Kompresor Air Conditioning (AC) Pada Kendaraan Bus Zein Muhamad	59-66
 Informasi Penulisan Naskah Jurnal.....	67



Volume 2 Nomor 1, Oktober 2016

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kepada Allah SWT, atas terbitnya kembali Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung, Vol 2 No.1, Oktober 2016, rencananya jurnal ini akan diterbitkan 2 kali dalam setahun yaitu bulan April dan bulan Oktober setiap tahunnya.

Pada kesempatan kali ini redaksi menerbitkan 6 buah karya tulis hasil penelitian yang berasal dari staff pengajar internal Universitas Bandar Lampung, dan satu diantaranya dari luar Universitas Bandar Lampung.

Karya tulis hasil penelitian disajikan oleh Najamudin dan Bambang Pratowo dengan judul **“Peningkatan Kualitas Kekuatan Bahan Plat Dinding Corong Tuang (Hopper) Melalui Proses Chromizing Untuk Meningkatkan Jumlah Produksi Batu Bara”**, Muhamad Yunus, Najamudin dan Kurniadi dengan judul **“Pengaruh Perlakuan Quenching-Tempering Terhadap Kekuatan Impak Pada Baja Karbon Sedang”**, Kunarto dan Indra Sumargianto dengan judul **“Serat Tebu (Bagasse) Sebagai Bahan Pengisi Pada Komposit Dengan Matriks Resin Poliester”**, Indra Surya dan Suhendar dengan judul **“Sifat Mekanis Komposit Serat Acak Limbah Sabut Kelapa Bermatriks Polyester Resin”**. Bambang Pratowo dan Novran Apriansyah dengan judul **“Analisis Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah SC10 Dengan Tipe Rotary Bending”**, Zein Muhamad dengan judul **“Penentuan Daya Kompresor Air Conditioning (AC) Pada Kendaraan Bus”**.

Semoga jurnal yang kami sajikan ini bermanfaat untuk semua dan jurnal ini terus melaju dengan tetap konsisten untuk memajukan misi ilmiah. Untuk edisi mendatang kami sangat mengharapkan peran serta rekan-rekan sejawat untuk mengisi jurnal ini agar tercapai penerbitan jurnal ini secara berkala.

Bandar Lampung, Oktober 2016

Redaksi

Peningkatan Kualitas Kekuatan Bahan Plat Dinding Corong Tuang (*Hopper*) Melalui Proses Chromizing Untuk Meningkatkan Jumlah Produksi Batu Bara

Najamudin¹, Bambang Pratowo²

Dosen Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung

Abstrak :

Untuk meningkatkan Kualitas Kekuatan Bahan (kekerasan dan ketahanan aus permukaan Plat Baja Lapisan Dinding Corong Tuang (*Hopper*) Pada Sistem Produksi Batu Bara, yaitu dengan cara Proses Perlakuan Panas Chromizing sehingga terjadi difusi atom-atom Chrom yang berlangsung pada temperatur tinggi. Proses perlakuan panas Chromizing akan dilakukan pada temperatur pemanasan 900°C, 1000°C dan 1100° C, dengan waktu penahanan selama 4, 5 dan 6 jam, dengan campuran serbuk terdiri dari Chromium (Cr 2O3) dan Garam Halida (NH₄Cl), Sedangkan pendinginan dilakukan diudara terbuka.

Dari proses ini akibatnya akan dihasilkan permukaan yang keras dan tahan aus sehingga dapat memperpanjang umur Plat Baja tersebut. Pada umumnya Plat yang digunakan untuk corong tuang adalah plat baja hardox yang mempunyai kekerasan rata-rata 400 HB, namun akibat benturan dan gesekan antara plat dan batu bara maka plat baja tersebut cepat sekali mengalami keausan dan harus diganti plat yang baru sehingga memerlukan biaya penggantian dan perawatan yang besar, maka dengan peningkatan kekerasan tersebut hal ini dapat memperpanjang umur plat dan menurunkan biaya produksi dan biaya perawatan, serta dapat meningkatkan jumlah produksi batu bara.

Kata kunci : Plat Baja, Chromizing, Kekerasan, Ketahanan Aus, Peningkatan Produksi

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Material baja banyak digunakan dalam alat-alat industri dan alat-alat mekanis. Hal ini disebabkan sifat-sifat baja yang sangat beragam, dari sifat yang lunak, sedang dan keras. Jenis baja tersebut diantaranya Baja Hardox 400, baja ini banyak digunakan sebagai plat lapisan dinding corong tuang (*Hopper*) untuk proses pengolahan batubara, karena pada saat penuangan batubara terjadi benturan dan gesekan sehingga diharapkan material tersebut mempunyai kekerasan yang cukup supaya tidak cepat aus. Karena Baja Hardox 400 banyak diproduksi dan harganya memang relatif lebih murah dan juga memenuhi syarat teknis tetapi kelemahan dari Baja Hardox 400 adalah mudah terkorosi dan cepat aus.

Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah proses pelapisan dengan cara mendifusikan atom-atom logam pelapis ke dalam logam utama dan karena temperatur proses yang cukup tinggi maka atom-atom logam pelapis yang berdifusi ke

dalam logam utama membentuk larutan padat dan senyawa logam lainya. Proses ini disebut dengan *diffusion coating* atau pelapisan difusi.

Proses pelapisan difusi ada bermacam-macam yaitu :

Nitriding (pelapisan dengan nitrida), *Carburising* (pelapisan dengan karbon), *Chromizing* (pelapisan dengan chrom). Pada proses Nitriding dan Karburising biasanya digunakan untuk mendapatkan lapisan permukaan yang keras.

Proses *chromizing* selain meningkatkan mampu keras juga untuk meningkatkan ketahanan terhadap serangan korosi suatu logam dan meningkatkan ketahanan aus logam. Baja yang dilapisi chrom akan tahan korosi sebab lapisan chromium bereaksi dengan oksigen membentuk selaput tipis chromium oksida yang sangat stabil dan akan melindungi logam yang berada di dalamnya sehingga tahan terhadap serangan korosi berikutnya. Pada proses chromizing hasil yang optimum banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain temperatur pemanasan

dan lama pemanasan.

1.2 Permasalahan

Beberapa komponen mesin yang salah satu di antaranya adalah plat lapisan dinding corong tuang (*Hopper*) pada sistem produksi batu bara, mempunyai permasalahan dalam soal kelelahan yang disebabkan keausan permukaan, karena pada saat penuangan batu bara terjadi benturan dan gesekan yang besar, maka lapisan dinding Hopper tersebut cepat menipis dan rusak. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan bahan yang mempunyai sifat keras dan ulet. Bahan baja mudah didapat di pasaran, namun kebanyakan bahan baja yang tersedia dipasaran mempunyai sifat kelelahan dengan jangkauan yang terbatas.

Agar didapatkan harga yang lebih murah dan memenuhi sifat-sifat yang diinginkan maka dapat dipilih Baja Hardox 400 dengan diperbaiki sifat kekerasannya pada bagian permukaan. Dengan perkembangan teknologi pengerasan permukaan logam yang telah dikembangkan antara lain yaitu metode proses chromizing.

Proses perlakuan panas chromizing adalah salah satu kelompok metode "*diffusion coating* atau pelapisan difusi.", yaitu proses penjumlahan lapisan permukaan baja dengan chrom melalui mekanisme difusi atom-atom chrom yang berlangsung pada temperatur tinggi.

Tujuan utama proses ini adalah untuk mendapatkan permukaan yang keras dan tahan aus pada komponen-komponen mesin tetapi bagian dalamnya lunak. Ini dapat dilakukan dengan memperkaya permukaan benda kerja dengan chrom melalui proses perlakuan panas.

1.3 Tujuan Penelitian

Dengan melakukan serangkaian percobaan Proses pengerasan permukaan melalui perlakuan panas chromizing pada Baja Hardox 400 dengan tujuan :

1. Meningkatkan kekerasan bahan plat lapisan corong tuang batu bara.
2. Meningkatkan ketahanan aus terhadap benturan dan gesekan oleh batu bara.
3. Menambah kekuatan dan umur plat baja lapisan corong tuang batu bara.
4. Meningkatkan jumlah produksi batu bara, serta dapat mengurangi biaya perawatan dan biaya produksi batu bara.

II. TINJAUAN PUSTAKA.

2.1 Pengertian Baja

Baja merupakan paduan-paduan yang terdiri dari besi, karbon dan unsur lainnya. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja (BH. Amstead, 1989)

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit paduan Si, Mn, P, S, Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbonnya. Sifat baja karbon adalah bila kadar karbon naik, kekuatan dan kekerasannya juga bertambah tinggi.

Secara garis besar baja karbon dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu sebagai berikut :

1). Baja karbon rendah

Baja ini disebut juga baja ringan (*Mild Steel*) atau baja perkakas. Baja karbon rendah bukan baja yang keras karena kadar karbon kurang 0,3%. Baja ini dapat dijadikan kawat, baja profil, sekrup, ulir dan baut.

2). Baja karbon sedang

Baja ini mengandung kadar karbon 0,3% sampai 0,70% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Proses pengerjaan panas menaikkan kekuatan baja. Dimana baja karbon ini digunakan untuk rel kereta api, as, roda gigi, dan suku cadang yang kekuatan tinggi atau dengan kekerasan sedang sampai tinggi.

3). Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi yang kandungan karbonnya 0,70% sampai 1,40% dibuat dengan cara digiling. Baja ini digunakan untuk perkakas potong seperti pisau, gurdi, tap dan bagian-bagian yang harus kuat gesekan.

Jika kadar kadar karbon diatas 2 % maka paduan besi disebut besi cor. Baja paduan adalah besi karbon dengan penambahan unsur-unsur paduan tertentu untuk meningkatkan kekuatan dari baja yang bersangkutan. Baja paduan rendah bila unsur paduan kurang dari 8 %,

sedangkan baja paduan tinggi bila unsur paduan diatas 8 %. Baja perkakas adalah baja dengan penambahan unsur paduan utama chrom (Cr),

2.2 Pengaruh Unsur Paduan pada Baja

Adapun pengaruh unsur-unsur paduan terhadap sifat-sifat baja karbon adalah sebagai berikut :

Unsur Karbon (C) : dapat meningkatkan ketahanan pengaruh panas, ketangguhan, kekerasan dan tumbukan atau gesekan.

Unsur Silikon (Si) : dapat meningkatkan ketahanan pengaruh panas dan memperbaiki sifat keamanan atau elastisitas.

Unsur Fosfor (P) : dapat memperbaiki sifat ketahanan gesek.

Unsur Sulfur (S) : dapat memperbaiki sifat ketahanan goresan.

Unsur Chrom (Cr) : dapat menambah kekuatan tarik, plastis, keausan atau keliatan, memperbaiki ketahanan pengaruh panas dan kekerasan.

Unsur Mangan (Mn) : memperbaiki sifat-sifat terhadap keausan, menambah kekerasan, kekuatan dan keuletan.

Unsur Molibden (Mo) : dapat meningkatkan sifat-sifat ketahanan pengaruh panas dan kekerasan.

Unsur Wolfram (W) : membentuk karbid yang keras, tahan suhu tinggi, banyak digunakan dalam baja perkakas dan baja potong cepat.

Unsur Kobalt (Co) : dapat meningkatkan sifat-sifat terhadap keausan dan kekerasan. (Tata Surdia, 2005)

2.3 Sistem Produksi Batu Bara

Pada sistem produksi batubara digunakan alat-alat produksi untuk menunjang kelancaran produksi. Secara

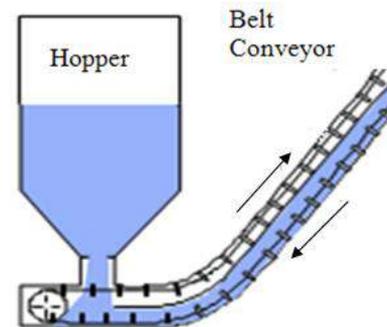
garis besar alat-alat pada sistem produksi batubara adalah sebagai berikut :

1. Apron Feeder

Apron feeder merupakan suatu sistem penampungan yang pertama menerima batubara yang ditumpahkan oleh *dumper* melalui corong penuang (*hopper*).

2. Belt Conveyor

Belt Conveyor ini adalah suatu sistem *belt* berjalan yang menerima curahan batubara dari *apron feeder* untuk diteruskan ke peremuk batubara (*primary crusher*).



Gambar 2.1 Hopper dan Belt Conveyor

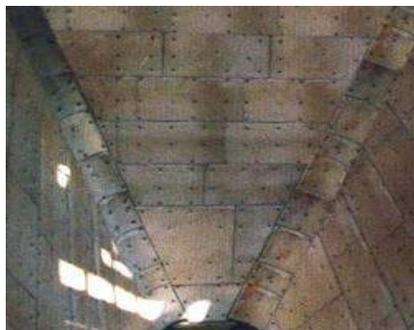
3. Crusher

Alat penghancur batubara ini terdiri dari dua buah rol bergerigi yang berputar saling berlawanan arah. dengan alat ini ukuran batubara dapat diperkecil menjadi berukuran 100 mm oleh *Primary Crusher* dan ukuran 32 mm oleh *Secondary Crusher*. Setelah melalui *Crusher* ini, batubara dicurahkan kembali melalui corong penuang (*Hopper*) ke *Belt conveyor* yang kemudian terus didistribusikan sampai ke stock file.

4. Corong Penuang (*Hopper*)

Corong penuang (*Hopper*) batu bara digunakan untuk menuangkan batu bara ke *Apron feeder*. Dinding *Hopper* ini dilapisi plat baja yang tahan aus (*Abrasion resistant plate*), dan umumnya digunakan baja Hardox 400.

Namun bahan baja Hardox 400 tersebut mempunyai kemampuan menahan keausan terbatas, karena pada saat penuangan batu bara terjadi benturan dan gesekan yang besar pada dinding hopper maka dalam waktu yang singkat plat hardox 400 tersebut sudah rusak atau menipis sehingga harus diganti dengan bahan plat Hardox yang baru dan akibatnya menghambat kecepatan produksi dan memerlukan biaya perawatan dan biaya material yang besar, yang akibatnya menimbulkan biaya produksi yang besar yang akan merugikan produksi dan penghasilan perusahaan.



Gambar 2.2 Plat Lapisan dinding Hopper (Baja Hardox 400)

5. Baja Hardox 400

Baja hardox 400 adalah bahan plat untuk melapisi dinding Hopper, plat baja tersebut dibuat tahan aus (*Abrasion resistant plate*), dan mempunyai kekerasan rata-rata 400 HB.

2.4 Sifat-sifat Bahan

Bahan logam memiliki banyak sifat, secara umum sifat bahan dikelompokkan kedalam dua kelompok yaitu :

Sifat fisik dari elemen bahan teknik adalah : berat atom, berat jenis, titik cair/leleh, daya hantar panas, tahanan listrik, ketahanan erosi dan sebagainya.

Sifat mekanik adalah sifat dari bahan yang dikaitkan dengan kemampuan bahan tersebut menahan beban. Yang termasuk sifat-sifat mekanik itu adalah : kekuatan, kekerasan, elastisitas, plastisitas, kekakuan, kelelahan, keuletan (*ductility*), kegetasan, dan mulur.

- Kegetasan dapat didefinisikan sabagai terjadinya kepatahan akibat beban tanpa didahului oleh perubahan bentuk. Untuk menguji kegetasan dipakai uji bentur. Salah satu bahan yang getas misalnya besi cor putih.
- Kekerasan (*Hardness*), Kekerasan yang merupakan sifat dasar dari logam sesudah kekuatan. Kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi, dan untuk logam dengan sifat tersebut merupakan ukuran terhadap deformasi permanen.

Adapun pengujian kekerasan dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu diantaranya:

- 1). Kekerasan menurut metode Rockwell
Kekerasan Rockwell banyak kegunaannya karena penekan dan beban dapat diubah-ubah sesuai kebutuhan. Dengan demikian kekerasan dari selaput yang tipis hingga logam yang paling keras dapat kita ukur. Bila penekan terbuat dari intan disebut kekerasan skala Rockwell-C, skala ini umumnya digunakan untuk baja yang keras.
Pada skala B digunakan penekan berbentuk bola dengan diameter 1/6 inchi dan beban sebesar 220 lb, skala ini dipergunakan untuk baja yang lebih lunak dan logam bukan ferrous.
- 2). Kekerasan menurut metode Brinell
Kekerasan Brinell ditentukan dengan menggunakan bola berdiameter 10 mm dan beban 3000 kg. Diameter jejak diukur dengan mikroskop yang mampu mengukur hingga ketelitian 0,005 mm.
- 3). Kekerasan menurut metode Vickers
Pada metode Vickers digunakan penekan intan berbentuk piramida yang diberi beban 1-120 kg, tergantung pada kekerasan dan ketebalan benda. Jejak diukur dan dengan rumus tertentu dapat dihitung nilai Vickers.

2.5 Chromizing

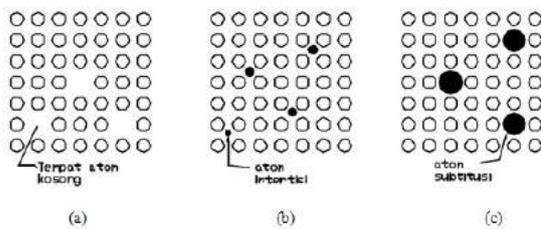
Pengertian secara umum chromizing adalah pelapisan logam chromium kepermukaan permukaan benda utama. Pelapisan logam chromium dapat dilakukan

dengan cara plating atau biasa dikenal dengan *elektroplating* dan dengan difusi. Pelapisan dengan difusi akan lebih kuat dibanding dengan cara *elektroplating*. Pelapisan yang dilakukan dengan *elektroplating* hanya akan terjadi ikatan adhesi, antar permukaan logam dasar dan logam pelapisnya, sehingga kekuatan lapisan tidak terlalu kuat. Sedang pelapisan dengan proses *chromizing* akan terjadi proses difusi atom chromium ke logam dasar. Sehingga lapisan permukaan akan sangat kuat dan terjadi proses *alloying* (perpaduan dua logam antara logam dasar dan logam yang melapisi). Proses *pack chromizing* pada prinsipnya sama dengan proses *pack carburizing*. Pada proses ini bahan baja yang akan dilapisi dibungkus dalam bubuk yang mengandung Chromium (Cr_2O_3) dan bahan garam halida seperti NH_4Cl dan NH_4Br . Penambahan amonium klorida dimaksudkan untuk membentuk gas aktif (*Activator*) yang membantu mempercepat proses difusi atom-atom Cr ke dalam baja (Toto Rusianto, 2002)

2.6 Mekanisme Difusi

Mekanisme difusi diklasifikasikan dengan cara perpindahan dan posisi yang ditempati oleh atom-atom yang berdifusi dibagi menjadi tiga mekanisme difusi :

1. Mekanisme Kekosongan
2. Mekanisme Interstisi
3. Mekanisme Tukar Tempat / substitusi



Gambar 2.3 Mekanisme difusi yang mungkin terjadi di dalam logam,
(a) kekosongan, (b) interstisi, (c) tukar tempat

2.7 Difusifitas

Bila atom mengisi kekosongan, maka terjadi lubang atau kekosongan baru. Kekosongan baru ini dapat diisi oleh atom lain yang berasal dari tetangga mana saja. Sebagai hasil akhir dapat dikatakan bahwa

atom melakukan “gerak acak” dalam kristal. Mekanisme gerak acak dapat diterapkan pada atom karbon yang bergerak diantara atom besi dari sisipan yang satu keposisi sisipan berikutnya. Kemampuan chromizing adalah kemampuan baja menyerap chromium.

Faktor-faktor utama yang mempengaruhi *chromizing* yaitu :

Komposisi baja karbon, waktu chromizing, aktivitas chromium, temperatur dan strukturmikro.

1. Komposisi baja karbon

Karbon mempunyai daya ikat yang besar dengan chromium untuk membentuk karbida. Sebaliknya pada baja karbon rendah ketebalan lapisan chromium akan semakin tipis. Diagram keseimbangan untuk besi-karbon-chromium sangat kompleks karena chromium membentuk karbida. Salah satu karbidanya adalah Cr_3C yang mirip Fe_3C , tetapi dengan adanya besi dapat menghasilkan Fe_2CrC atau Cr_2FeC dan ditulis $(Fe,Cr)_3C$. Karbida lain yang lebih kompleks yaitu $(Fe,Cr)_7C_3$ yang sangat besar pengaruhnya membatasi daya larut chromium dalam Fe austenit.

2. Waktu Chromizing dan Kedalaman Difusi

Lamanya waktu chromizing sangat berpengaruh terhadap kedalaman difusi dan ketebalan lapisannya.

Pengaruh kedalaman difusi atom-atom tertentu dirumuskan seperti :

$$X = 2 \sqrt{Dt} \dots\dots\dots(2 - 1)$$

Dimana : X = Kedalaman Lapisan difusi
D = Laju difusi
t = Waktu difusi

Dari rumus ini ditunjukkan bahwa untuk pemanasan pada suhu konstan, maka semakin lama waktu proses chromizing akan semakin tebal lapisannya (Sriati Djaprie, 1983).

3. Aktivitas Chromium

Aktivitas chromium adalah faktor utama yang memerlukan pengontrolan selama chromizing. Sedangkan sesuai dengan hukum difusi yang berlaku, derajat

penetrasi logam ditentukan oleh temperatur dan kadar chromium yang bertambah pada lapisan luar baja. Dalam *pack chromising*, aktivitas chromium dapat dikontrol oleh zat aktivator yaitu kadar NH_4Cl yang dipertahankan pada sekitar 2-5 %. Dari reaksi-reaksi kimia yang terjadi selama proses *chromizing* dapat diketahui bahwa bila kadar NH_4Cl berkurang akan mengurangi aktivitas chromium karena gas HCl yang mengikat Cr menjadi CrCl_2 akan berkurang pula. Aktivitas chromium yang tinggi dapat dicapai dengan menaikkan temperatur, sehingga penguraian NH_4Cl akan tinggi. Pemanasan dengan volume konstan pada ruangan tertutup akan meningkatkan tekanan dalam ruang yang diakibatkan aktivitas chromium akan meningkat pula (Sriati Djaprie, 1983).

4. Temperatur chromizing

Temperatur chromizing mempunyai efek terhadap kedalaman chromizing. Temperatur chromizing yang lebih rendah menurunkan kemampuan difusi chromium.

Dengan demikian naiknya temperatur akan meningkatkan koefisien difusi. Akibat naiknya temperatur menyebabkan kedalaman lapisan chromium bertambah, dimana kedalaman difusi akan ditentukan oleh koefisien difusi dan lamanya proses difusi. Dengan meningkatnya temperatur pemanasan akan meningkatkan pula koefisien difusi sehingga akan memberikan efek kedalaman difusi dari atom-atom Cr .

Ketebalan lapisan maupun dalamnya atom yang berdifusi akan sangat ditentukan oleh temperatur, oleh karena itu pengaruh temperatur digunakan sebagai variabel dalam penelitian ini. Temperatur chromising yang lebih rendah menurunkan kedalaman chromising, karena temperatur mempengaruhi kecepatan difusi (Sriati Djaprie, 1983).

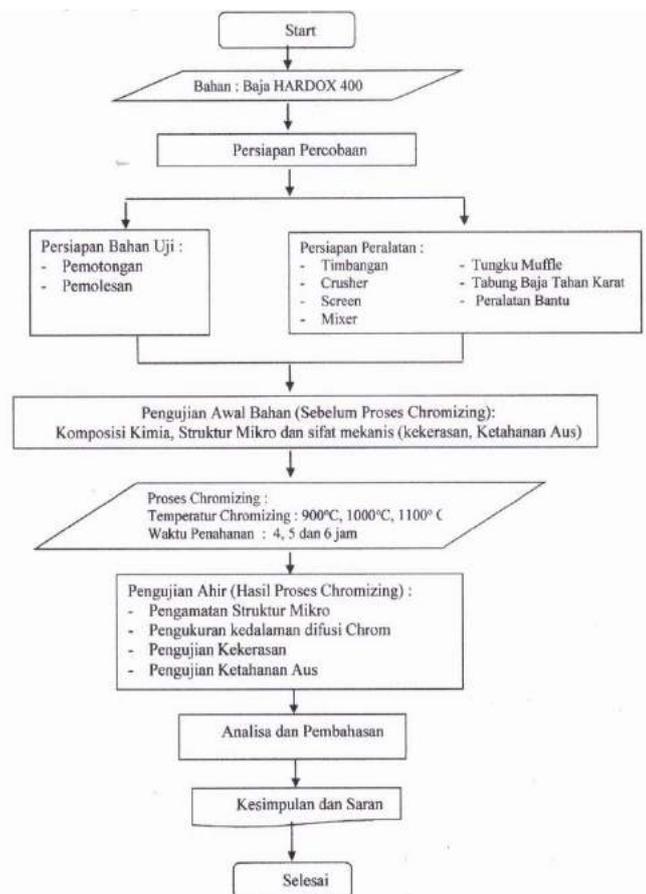
5. Ukuran Butir

Proses difusi lebih mudah terjadi pada lapisan batas butir (*grain boundary*) dibandingkan pada matriks, karena pada butir banyak terdapat cacat kristal yang akan mempermudah proses pergerakan atom-

atom. Semakin kecil ukuran butir, maka akan semakin banyak cacat-cacat kristal pada logam tersebut. Dengan demikian laju difusivitasnya akan semakin meningkat (Sriati Djaprie, 1983).

III. METODE PENELITIAN

Secara Skematis tahapan penelitian yang dilakukan, ditunjukkan pada Diagram alir penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.1 Peralatan Pengujian meliputi :

- Alat Uji Komposisi Kimia
- Alat Uji Struktur Mikro
- Alat uji kekerasan “ Brinell”
- Alat Uji Keausan

3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

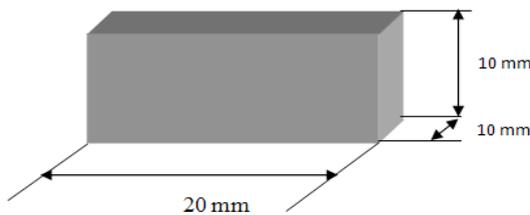
1. Baja HARDOX 400
2. Bahan Chromizing yang digunakan adalah campuran dari Kromium (Cr 203) 95% dan bahan garam halida

NH₄CL 5%. Penambahan amonium klorida (NH₄CL) dimaksudkan untuk membentuk gas aktif (*Actifator*) yang membantu mempercepat proses difusi atom-atom Cr ke dalam baja.

Jumlah campuran bahan-bahan yang diisikan kedalam silinder (wadah) untuk sekali proses sebanyak 40 gram yaitu dengan perbandingan sebagai berikut :
Cr₂O₃ : NH₄CL = 38 gram : 2 gram

3.3 Specimen

Bahan Baja HARDOX 400 disiapkan dalam bentuk specimen berdasarkan kebutuhan untuk pengujian. Adapun bentuk dan ukuran specimen tersebut adalah balok dengan ukuran 10 x 10 x 20 mm, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Bentuk dan ukuran specimen.

3.4 Prosedur Percobaan

Prosedur percobaan proses perlakuan panas Chromizing dilakukan melalui tahapan, sebagai berikut :

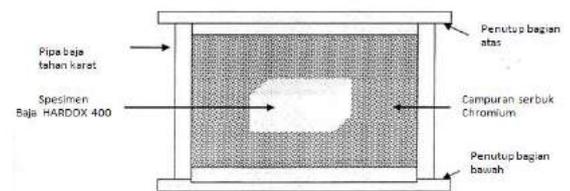
1. Persiapan bahan awal.
Karakterisasi Baja HARDOX 400, meliputi : analisa komposisi kimia, strukturmikro dan kekerasan. Benda kerja sebelumnya dibentuk melalui mesin frais menjadi bentuk balok yang mempunyai ukuran 10 x 10 x 20 mm, kemudian permukaannya diratakan dengan mesin perata (*surface grinding machine*).
2. Masukan kedalam tabung dari bahan baja tahan karat bersama-sama dengan campuran serbuk terdiri dari Cr₂O₃, NH₄Cl dengan perbandingan yang telah ditentukan. Kemudian tutup rapat bagian atas tabung dengan penutupan dari bahan yang sama,

agar gas yang terbentuk pada zat pemanasan berlangsung tidak keluar atau bocor.

3. Proses perlakuan panas Chromizing dilakukan temperatur pemanasan 900°C, 1000°C, dan 1100°C dengan waktu penahanan selama 4, 5 dan 6 jam. Sedangkan pendinginan dilakukan diudara terbuka. Tabel dibawah ini menunjukkan kode sampel yang dipakai dalam penelitian.
4. Setelah proses Chromizing selesai, kemudian dilakukan pengujian yang meliputi pengukuran kedalaman lapisan yang terbentuk dipermukaan benda kerja, uji kekerasan.

Tabel 3.1 Kode Sampel Pengujian

No	Kode Sampel	Kondisi Proses Chromizing	
		Temperatur Chromizing (°C)	Waktu Penahanan (Jam)
1	HARDOX 400 - 900-4	900	4
2	HARDOX 400 - 1000-4	1000	4
3	HARDOX 400 - 1100-4	1100	4
4	HARDOX 400 - 900-5	900	5
5	HARDOX 400 - 1000-5	1000	5
6	HARDOX 400 - 1100-5	1100	5
7	HARDOX 400 - 900-6	900	6



Gambar 3.3 Tempat Pemasangan Benda Uji

3.5 Pembuatan Specimen Bahan Penelitian

Proses Pembuatan Specimen Bahan Penelitian :

1. Pemotongan dan pembentukan dan pembuatan specimen bahan penelitian.
2. Pembuatan Tabung Specimen Baja Hardox 400.
3. Pembuatan dan Pembentukan Specimen Baja Hardox 400. Bahan Baja HARDOX 400 disiapkan dalam bentuk specimen berdasarkan

kebutuhan untuk pengujian. Adapun bentuk dan ukuran specimen tersebut adalah balok dengan ukuran 10 x 10 x 20 mm



Gambar 3.4 Specimen Baja Hardox 400

4. Setelah tabung dan specimen terbentuk langkah selanjutnya persiapan bahan Chromizing, Bahan Chromizing yang digunakan adalah campuran dari Kromium (Cr_2O_3) 95% dan bahan garam halida NH_4Cl 5%. Penambahan amonium klorida (NH_4Cl) dimaksudkan untuk membentuk gas aktif (*Actifator*) yang membantu mempercepat proses difusi atom-atom Cr ke dalam baja.
Jumlah campuran bahan-bahan yang diisikan kedalam silinder (wadah) untuk sekali proses sebanyak 40 gram yaitu dengan perbandingan sebagai berikut :
 $\text{Cr}_2\text{O}_3 : \text{NH}_4\text{Cl} = 38 \text{ gram} : 2 \text{ gram}$
Setelah bahan penelitian dan tabung selesai disiapkan, maka proses selanjutnya adalah memasukkan bahan penelitian tersebut kedalam tabung dari bahan baja bersama-sama dengan campuran serbuk terdiri dari Cr_2O_3 dan NH_4Cl dengan perbandingan yang telah ditentukan.
5. Kemudian tutup rapat bagian atas tabung dengan pengelasan tutup yang dibuat dari bahan yang sama, agar gas yang terbentuk pada zat pemanasan berlangsung tidak keluar atau bocor.

3.6 Pengujian Hasil percobaan

1. Pengamatan Visual

Pengamatan tampak muka yang terjadi pada benda kerja setelah mengalami laku panas Chromizing.

2. Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian Komposisi Kimia Specimen Baja HARDOX 400 dengan menggunakan Spectrometer.

3. Pelaksanaan proses perlakuan panas Chromizing

Pelaksanaan proses perlakuan panas Chromizing dilakukan pada temperatur pemanasan 900°C , 1000°C , dan 1100°C dengan waktu penahanan selama 4, 5 dan 6 jam. Sedangkan pendinginan dilakukan di udara terbuka.

4. Pengujian Metalografi

Pengujian metalografi bertujuan untuk mengamati struktur mikro benda kerja awal dan benda kerja setelah mengalami laku panas Chromizing. Dilakukan dengan menggunakan peralatan mikroskop metalurgi.

5. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui perubahan kekerasan yang terjadi akibat proses laku panas Chromizing. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metoda kekerasan Brinell.

6. Pengujian Keausan

Pengujian keausan dilakukan untuk mengetahui perbedaan ketahanan aus dari benda uji awal dan setelah mengalami perlakuan panas chromizing. Persyaratan yang harus diperhatikan dalam melakukan pengujian keausan, untuk setiap pengujian harus dibuat dalam kondisi sama antara lain yaitu :

- Ukuran kekerasan kertas amplas
- Jumlah putaran
- Beban yang diberikan

Dari hasil pengujian, untuk mendapatkan harga atau nilai ketahanan aus dari benda uji diperoleh dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Persentase Keausan (\%)} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100 \%$$

IV. ANALISA DATA DAN HASIL PENELITIAN

4.1 Data Hasil Pengujian Spesimen Material Awal

4.1.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia dengan menggunakan spectrometer, diperoleh data specimen awal yang akan ditabelkan pada tabel Komposisi kimia specimen material awal Baja HARDOX 400 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia Material Baja Hardox 400

Unsur	Komposisi Unsur Kimia Berdasarkan Pengujian (%Berat)	Komposisi Unsur Kimia Berdasarkan Standard Hardox 400 (%Berat)
Carbon (C)	0,21192	0,15
Silikon (Si)	0,29578	0,7
Sulfur (S)	0,00304	0,010
Posfor (P)	0,01535	0,025
Mangan (Mn)	1,08595	1,60
Nikel (Ni)	0,03843	0,25
Chrom (Cr)	0,49518	0,50
Molibdenum (Mo)	0,12692	0,25
Boron (B)	-	0,004
Vanadium (V)	0,01110	-
Cuprum (Cu)	0,00459	-
Wolfram (W)	0,00200	-
Titanium (Ti)	0,00365	-
Timah/Stannum (Sn)	0,00093	-
Aluminium (Al)	0,07396	-
Plumbum (Pb)	0,00007	-
Zinc (Zn)	0,00138	-
Ferrum (Fe)	97,93071	96,511

4.1.2 Hasil Pengujian Struktur Mikro Material Awal

Berdasarkan hasil pemeriksaan terhadap struktur mikro specimen material awal, Maka didapatkan Gambar Struktur Mikro

specimen material awal Baja HARDOX 400.



Gambar 4.1 Struktur Mikro Spesimen awal baja Hardox. Pembesaran 500x

4.1.3 Hasil Pengujian Kekerasan Material Awal

Nilai kekerasan specimen material awal pada Baja HARDOX 400 yang akan ditabelkan pada Tabel sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan Awal Material Baja Hardox 400

Pengujian Ke	Nilai Kekerasan Baja Hardox 400 (HB)
1	390
2	400
3	410
Nilai rata-rata	400

4.1.4 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Material Awal

Hasil pengujian ketahanan aus specimen material awal pada Baja HARDOX 400 yang akan ditabelkan pada Tabel sebagai berikut :

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Awal, Material Baja Hardox 400

Parameter Pengujian	Nilai Pengujian Awal Baja Hardox 400
Berat Awal (Wo)	42,9589 gr
Berat Akhir (Wi)	42,6658 gr
Selisih Berat	0,2931 gr
Persentase Keausan	0,6822 %

4.2 Data Hasil Pengujian Spesimen Material Ahir

4.2.1 Hasil Pengujian Kekerasan Material Ahir

Nilai kekerasan specimen material ahir setelah Proses Chromizing pada Baja HARDOX 400 yang akan ditabelkan pada Tabel berikut :

Tabel 4.4 Nilai Kekerasan Setelah Proses Chromizing untuk specimen Baja Hardox 400

No	Kode Sampel	Hardness Brinell (HB)
01	HARDOX - 900 - 4	412,2
02	HARDOX - 1000 - 4	423,9
03	HARDOX - 1100 - 4	424,1
04	HARDOX - 900 - 5	414,2
05	HARDOX - 1000 - 5	428,3
06	HARDOX - 1100 - 5	430,1
07	HARDOX - 900 - 6	415,8
08	HARDOX - 1000 - 6	435,6
09	HARDOX - 1100 - 6	431,5

4.2.2 Hasil Pengujian Ketahanan Aus setelah Chromizing Material Baja Hardox 400

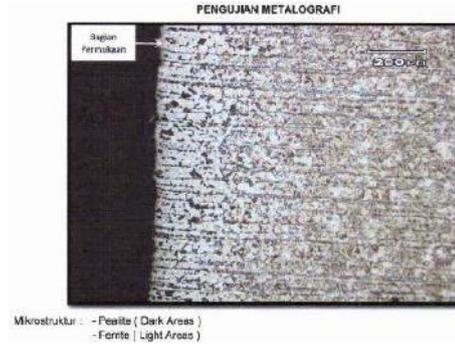
Hasil pengujian Ketahanan Aus setelah Proses Chromizing dapat ditunjukkan pada table berikut :

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Baja Hardox 400 Setelah Proses Chromizing

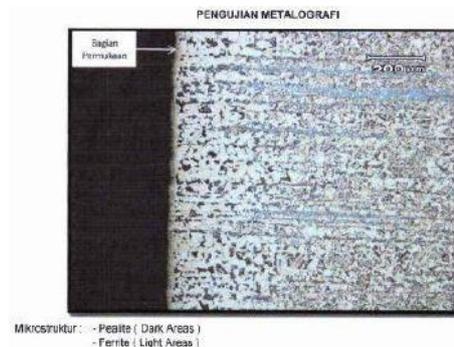
Kode Sampel	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Selisih Berat (gram)	Presentase Keausan (%)
HARDOX - 900 - 4	42,9153	42,7524	0,1629	0,3796
HARDOX - 1000 - 4	42,9912	42,8318	0,1594	0,3707
HARDOX - 1100 - 4	42,9309	42,7753	0,1556	0,3624
HARDOX - 900 - 5	42,9145	42,7526	0,1619	0,3773
HARDOX - 1000 - 5	42,9897	42,8320	0,1577	0,3668
HARDOX - 1100 - 5	42,9299	42,7749	0,1550	0,3611
HARDOX - 900 - 6	42,9596	42,8033	0,1563	0,3628
HARDOX - 1000 - 6	42,9733	42,8073	0,1523	0,3544
HARDOX - 1100 - 6	42,9597	42,8065	0,1532	0,3566

4.2.3 Hasil Pengujian Struktur Mikro Material Ahir

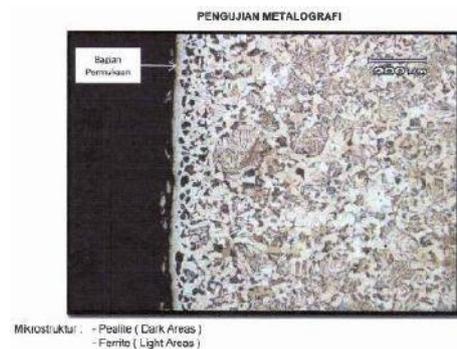
Berdasarkan hasil pemeriksaan struktur mikro specimen material ahir, Maka didapatkan Gambar Struktur Mikro specimen material ahir Baja HARDOX 400



Gambar 4.2 Struktur Mikro Hasil Chromizing pada temperatur 900 °C, waktu penahanan 4 Jam. Pembesaran 500x (tebal lapisan 43,2 µm)



Gambar 4.3 Struktur Mikro Hasil Chromizing pada temperatur 1000 °C, waktu penahanan 4 Jam. Pembesaran 500x (tebal lapisan 53,6 µm)



Gambar 4.4 Struktur Mikro Hasil Chromizing pada temperatur 1100 °C, waktu penahanan 4 Jam. Pembesaran 500x (tebal lapisan 54,4 µm)



Mikrostruktur: - Peelite (Dark Areas)
- Ferrite (Light Areas)

Gambar 4.5 Struktur Mikro Hasil Chromizing pada temperatur 900 °C, waktu penahanan 5 Jam. Pembesaran 500x (tebal lapisan 43,8 μm)



Mikrostruktur: - Peelite (Dark Areas)
- Ferrite (Light Areas)

Gambar 4.8 Struktur Mikro Hasil Chromizing pada temperatur 900 °C, waktu penahanan 6 Jam. Pembesaran 500x (tebal lapisan 44,8 μm)



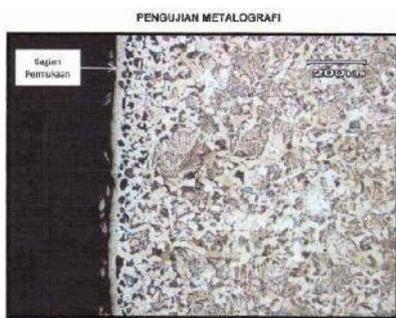
Mikrostruktur: - Peelite (Dark Areas)
- Ferrite (Light Areas)

Gambar 4.6 Struktur Mikro Hasil Chromizing pada temperatur 1000 °C, waktu penahanan 5 Jam. Pembesaran 500x (tebal lapisan 53,9 μm)



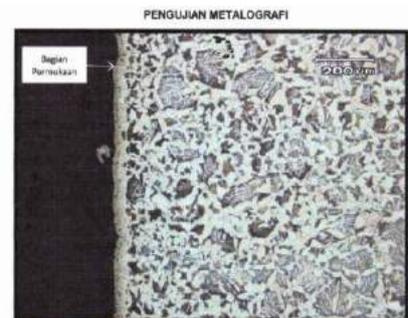
Mikrostruktur: - Peelite (Dark Areas)
- Ferrite (Light Areas)

Gambar 4.9 Struktur Mikro Hasil Chromizing pada temperatur 1000 °C, waktu penahanan 6 Jam. Pembesaran 500x (tebal lapisan 59,2 μm)



Mikrostruktur: - Peelite (Dark Areas)
- Ferrite (Light Areas)

Gambar 4.7 Struktur Mikro Hasil Chromizing pada temperatur 1100 °C, waktu penahanan 5 Jam. Pembesaran 500x (tebal lapisan 54,7 μm)



Mikrostruktur: - Peelite (Dark Areas)
- Ferrite (Light Areas)

Gambar 4.10 Struktur Mikro Hasil Chromizing pada temperatur 1100 °C, waktu penahanan 6 Jam. Pembesaran 500x (tebal lapisan 52,0 μm)

4.2.4 Pengukuran Kedalaman Lapisan Hasil Chromizing

Berdasarkan hasil pemeriksaan struktur mikro maka dapat dilakukan pengukuran

ketebalan lapisan hasil Chromizing untuk specimen material Baja HARDOX 400. Dan hasilnya dibuat pada tabel berikut :

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Kedalaman Lapisan Hasil Chromizing Material Baja Hardox 400

No	Kode Sampel	Kedalaman Lapisan (µm)	Kedalaman Lapisan (cm)
01	HARDOX - 900 - 4	43,2 µm	0,00432
02	HARDOX - 1000 - 4	53,6 µm	0,00536
03	HARDOX - 1100 - 4	54,4 µm	0,00344
04	HARDOX - 900 - 5	43,8 µm	0,00438
05	HARDOX - 1000 - 5	53,9 µm	0,00539
06	HARDOX - 1100 - 5	54,7 µm	0,00547
07	HARDOX - 900 - 6	44,8 µm	0,00448
08	HARDOX - 1000 - 6	59,2 µm	0,00592
09	HARDOX - 1100 - 6	52,0 µm	0,00520

4.2.5 Data Hasil Perhitungan Laju Difusi

Lamanya waktu chromizing sangat berpengaruh terhadap kedalaman difusi dan ketebalan lapisannya.

Pengaruh kedalaman difusi atom-atom tertentu dirumuskan seperti :

$$X = 2 \sqrt{Dt} \dots\dots\dots \text{Toto Rusianto, (2002).}$$

Dimana : X = Kedalaman Lapisan difusi
D = Laju difusi
t = Waktu difusi

Dari rumus ini ditunjukkan bahwa untuk pemanasan pada suhu konstan, maka semakin lama waktu proses chromizing akan semakin tebal lapisannya, sehingga laju difusi pada baja Hardox dapat dihitung sebagai berikut :

$$D = \frac{X^2}{2.t} \dots\dots \text{Toto Rusianto, (2002).}$$

Laju difusi dengan Temperatur 900 °C dan waktu penahanan 4 jam (14400 detik), diperoleh kedalaman lapisan x = 0,00432 cm, sehingga laju difusi pada baja Hardox adalah :

$$D = \frac{X^2}{2.t}$$

$$D = \frac{0,00432^2}{2.14400} = 6.48 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{det}$$

Dengan cara perhitungan yang sama dengan perhitungan diatas maka hasil perhitungan laju difusi pada baja hardox hasil Chromizing akan ditabelkan pada tabel berikut :

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Laju Difusi pada Proses Chromizing specimen Baja Hardox

No	Kode Sampel	Laju Difusi (Cm ² /det) x 10 ⁻¹⁰
01	HARDOX - 900 - 4	6,48
02	HARDOX - 1000 - 4	8,97
03	HARDOX - 1100 - 4	9,97
04	HARDOX - 900 - 5	5,33
05	HARDOX - 1000 - 5	8,07
06	HARDOX - 1100 - 5	8,31
07	HARDOX - 900 - 6	4,6
08	HARDOX - 1000 - 6	10,27
09	HARDOX - 1100 - 6	6,25

4.3 Pembahasan Hasil Penelitian

4.3.1 Struktur Mikro

Berdasarkan data hasil pengujian yang telah dilakukan maka dapat dibahas beberapa hal sebagai berikut yaitu :

Struktur Mikro material awal (Baja Hardox), seperti ditunjukkan pada gambar 4.1 dengan komposisi kimia (tabel 4-1). Setelah dilakukan proses Chromizing pada temperatur 900 °C, 1000 °C, dan 1100 °C dengan waktu penahanan 4 jam, 5 jam dan 6 jam didalam komposisi campuran bahan chromizing yang terdiri atas bubuk chromium ($Cr_2 O_3$) dan amonium klorid ($NH_4 Cl$) pada perbandingan komposisi 95 : 5.

Pada penelitian yang telah dilakukan dengan temperatur pemanasan 900 °C, dengan waktu penahanan 4 jam, terlihat adanya lapisan Chromium yang terbentuk. Tebal masing-masing mencapai 43,2 μm , dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa proses difusi pada temperatur 900 °C dapat terjadi.

Untuk meningkatkan laju difusi (mempertebal lapisan yang terbentuk) dapat dilakukan dengan cara menaikkan waktu penahanan menjadi 6 jam, Proses Chromizing Pada temperatur pemanasan 900 °C dan dengan waktu penahanan 6 jam didapat tebal lapisan Chromium 44,8 μm .

Untuk meningkatkan laju difusi (mempertebal lapisan yang terbentuk) dapat juga dilakukan dengan cara menaikkan temperatur pemanasan (1000 °C) . Hal ini dibuktikan pada spesimen dengan temperatur 1000 °C dan waktu penahanan yang sama (4 jam), struktur micro dapat dilihat pada gambar 5.3, dimana proses laju difusi berlangsung lebih cepat dari spesimen yang dipanaskan pada temperatur 900 °C . Lapisan yang terbentuk menjadi lebih tebal yaitu mencapai 53,6 μm , Hal ini terjadi karena energy yang diperlukan untuk menggerakkan atom-atom baja pada jarak yang lebih besar tetap tercapai,

sehingga memungkinkan atom-atom Chromium (Cr) berdifusi kedalam atom baja lebih leluasa lagi.

Sedangkan waktu penahanan berfungsi sebagai waktu berlangsungnya proses difusi .Ini sesuai dengan hukum difusi sederhana, dimana semakin lama waktu penahanan maka kedalaman lapisan semakin tebal. Proses reaksi tersebut terjadi dalam perjalanan tertutup dan berlangsung terus seiring dengan waktu pemanasan, konsentrasi chrom. Bila unsur Chromium ditambahkan pada baja karbon maka atom karbon dan atom besi berkordinasi dengan atom chromium, dan chromium dalam baja akan larut dalam bentuk tukar tempat (substitusi), selain itu juga akan membentuk karbida Chromium. Cr yang berdifusi yaitu CrFe sebagai logam paduan. Proses Chromizing Pada temperatur pemanasan 1000 °C dan dengan waktu penahanan 6 jam didapat tebal lapisan Chromium yang maksimum yaitu sebesar 59,2 μm .

Selanjutnya temperatur pemanasan dinaikkan menjadi 1100 °C dengan waktu penahanan 4 jam ternyata terjadi penurunan tebal lapisan Chromium yaitu mencapai 54,4 μm , struktur micro dapat dilihat pada gambar 4.4

Proses Chromizing Pada temperatur pemanasan 1100 °C dan dengan waktu penahanan 6 jam didapat tebal lapisan Chromium yang semakin menurun yaitu sebesar 52,0 μm .

Dari hasil penelitian ini berarti semakin tinggi temperatur pemanasan dan waktu penahanan yang konstan maka dihasilkan kenaikan tebal lapisan, namun kedalaman lapisan optimum terjadi pada pemanasan pada temperatur 1000 °C dengan waktu penahanan 6 Jam, sedangkan bila pemanasan dinaikkan sampai temperatur 1100 °C maka akan terjadi penurunan ketebalan lapisan, maka dalam hal ini pemanasan yang paling baik untuk meningkatkan ketebalan lapisan yaitu terjadi pada temperatur 1000 °C, waktu penahan 6 jam, dengan tebal lapisan tertinggi 59,2 μm .

4.3.2 Pengaruh Waktu Penahanan dan variasi temperatur terhadap kedalaman lapisan pada Chromizing

Hubungan antara waktu penahanan pada masing-masing temperatur chromizing terhadap kedalaman lapisan bahwa pada baja hardox dengan temperatur 900 °C, 1000 °C, dan 1100 °C, dengan waktu

penahanan 4 jam dan 6 jam terlihat kedalaman lapisan yang paling tinggi diperoleh pada baja hardox dengan temperatur 1000 °C dan waktu penahanan 6 jam yaitu 59,2 µm, sedangkan kedalaman lapisan yang terendah diperoleh pada temperatur 900 °C dengan waktu penahanan 4 jam yaitu = 43,2 µm dan hasilnya bisa dilihat pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 4.8 Kedalaman Lapisan Hasil Chromizing untuk Material Baja Hardox 400

No	Kode Sampel	Kedalaman Lapisan (µm)
01	HARDOX - 900 – 4	43,2 µm
02	HARDOX - 1000 – 4	53,6 µm
03	HARDOX - 1100 – 4	54,4 µm
04	HARDOX - 900 – 5	45,5 µm
05	HARDOX - 1000 – 5	55,8 µm
06	HARDOX - 1100 – 5	57,6 µm
07	HARDOX - 900 – 6	44,8 µm
08	HARDOX - 1000 – 6	59,2 µm
09	HARDOX - 1100 – 6	54,4 µm

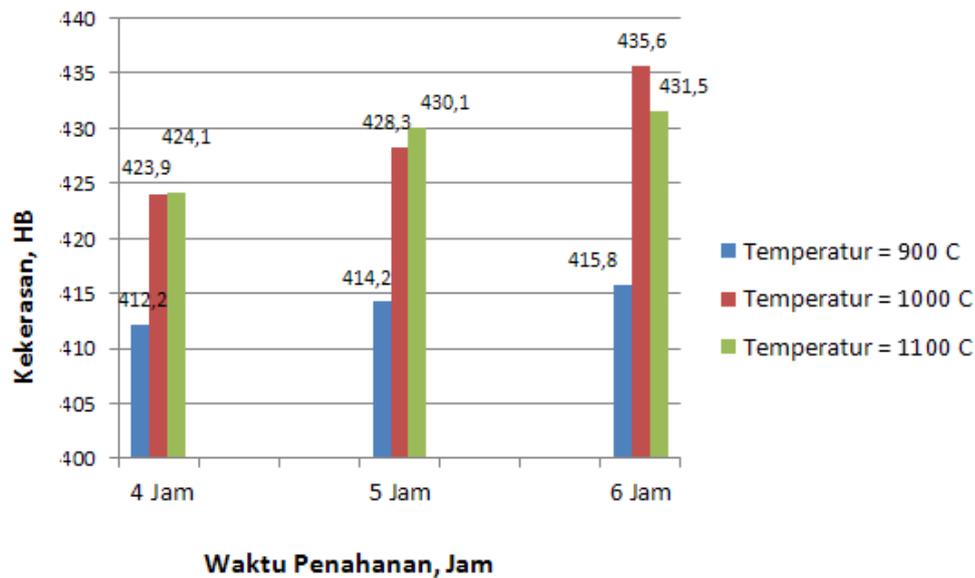
Dengan demikian pada proses chromizing, parameter temperatur dan waktu penahanan semakin tinggi maka akan diperoleh kedalaman lapisan chromium yang meningkat, namun kenaikan lapisan optimum terjadi yaitu pada temperatur 1000 °C dengan waktu penahanan 6 Jam, namun jika temperatur dinaikkan maka kedalaman lapisan akan cenderung menurun kembali.

4.3.3 Pengaruh Waktu Penahanan dan variasi temperatur terhadap kekerasan permukaan pada lapisan Chromizing

Untuk menganalisa pengaruh waktu penahanan terhadap kekerasan pada variasi temperatur dapat dilihat tabel dan grafik berikut :

Tabel 4.9 Nilai Kekerasan Setelah Proses Chromizing untuk specimen Baja Hardox 400

No	Kode Sampel	Hardness Brinell (HB)
01	HARDOX - 900 – 4	412,2
02	HARDOX - 1000 – 4	423,9
03	HARDOX - 1100 – 4	424,1
04	HARDOX - 900 – 5	414,2
05	HARDOX - 1000 – 5	428,3
06	HARDOX - 1100 – 5	430,1
07	HARDOX - 900 – 6	415,8
08	HARDOX - 1000 – 6	435,6
09	HARDOX - 1100 – 6	431,5



Gambar 4.11 Hubungan Waktu Penahanan temperatur Chromizing terhadap kekerasan permukaan pada baja Hardox.

Dari gambar grafik diatas dapat dibaca bahwa semakin tinggi temperatur pemanasan dan semakin lama waktu penahanan maka nilai kekerasan baja Hardox akan cenderung semakin meningkat, kekerasan terbesar adalah sebesar 435,6 HB yaitu terdapat pada proses chromizing dengan temperatur 1000 °C dengan waktu penahanan 6 jam, namun jika terus dinaikkan tempraturnya 1100 °C dengan waktu penahanan 6 jam kekerasan akan cenderung menurun kembali yaitu sebesar 420,3 HB. sedangkan kekerasan terkecil adalah sebesar 412,2 HB yaitu terdapat pada proses chromizing dengan

temperatur 900 °C dengan waktu penahanan 4 jam.

4.3.4 Pengaruh Waktu Penahanan dan variasi temperatur terhadap ketahanan aus pada lapisan Chromizing

Untuk menganalisa pengaruh waktu penahanan terhadap ketahanan aus pada variasi temperatur dapat dilihat tabel berikut :

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Baja Hardox 400 Setelah Proses Chromizing

No	Kode Sampel	Prosentase Keausan (%)
01	HARDOX - 900 - 4	0,3796
02	HARDOX - 1000 - 4	0,3707
03	HARDOX - 1100 - 4	0,3624
04	HARDOX - 900 - 5	0,3773
05	HARDOX - 1000 - 5	0,3668
06	HARDOX - 1100 - 5	0,3611
07	HARDOX - 900 - 6	0,3628
08	HARDOX - 1000 - 6	0,3544
09	HARDOX - 1100 - 6	0,3566

Pengaruh waktu penahanan terhadap ketahanan aus pada variasi temperatur, dimana pada baja Hardox dengan temperatur 900 °C dengan waktu penahanan 4 jam diperoleh nilai peresentase keausan tertinggi yaitu 0,3796 %, sedangkan nilai persentase keausan terendah (terbaik) dengan temperatur 1000 °C.

Dengan waktu penahanan 6 jam diperoleh nilai persentase keausan **0,3544 %**. Namun jika terus dinaikkan tempraturnya menjadi 1100 °C dengan waktu penahanan 6 jam persentase keausan akan cenderung meningkat kembali yaitu sebesar 0,3566 %.

Dengan demikian didapat waktu temperatur chromizing yang terbaik adalah dengan temperatur 1000 °C dengan waktu penahanan 6 jam diperoleh nilai persentase keausan terendah (terbaik) yaitu **0,3544 %**, sehingga nilai kekerasan meningkat dan dapat menambah umur material.



Gambar 4.12 Hubungan Waktu Penahanan temperatur Chromizing terhadap persentase keausan pada baja Hardox.

4.3.5 Hubungan Kekerasan terhadap ketahanan aus pada lapisan Chromizing

Bila diperhatikan dari hasil pengujian, maka hubungan antara kekerasan dan persentase ketahanan aus adalah berbanding terbalik yaitu jika kekerasan meningkat maka persentase menurun atau dengan kata lain semakin meningkat kekerasan maka ketahanan aus semakin baik.

Adapun hubungan antara kekerasan dan persentase ketahanan aus dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.11 Hubungan ketahanan aus dan kekerasan Baja Hardox Setelah Chromizing

No	Kode Sampel	Hardness Brinell (HB)	Prosentase Keausan (%)
01	HARDOX - 900 - 4	412,2	0,3796
02	HARDOX - 1000 - 4	423,9	0,3707
03	HARDOX - 1100 - 4	424,1	0,3624
04	HARDOX - 900 - 5	414,2	0,3773
05	HARDOX - 1000 - 5	428,3	0,3668
06	HARDOX - 1100 - 5	430,1	0,3611
07	HARDOX - 900 - 6	415,8	0,3628
08	HARDOX - 1000 - 6	435,6	0,3544
09	HARDOX - 1100 - 6	431,5	0,3566

Nilai Kekerasan tertinggi didapat pada temperatur pemanasan 1000 °C dengan waktu penahanan 6 jam, harga kekerasan yaitu 435,6 HB dan dengan persentase keausan **0,3544 %**.

Nilai Kekerasan terendah didapat pada temperatur pemanasan 900 °C dengan waktu penahanan 4 jam, harga kekerasan yaitu 412,2 HB dan dengan persentase keausan 0,3796 %.

4.3.6 Analisa umur pakai dinding hopper hasil Chromizing berdasarkan hasil pengujian ketahanan aus

Berdasarkan hasil survey di lapangan di ketahui bahwa umur pakai hopper pada sistem produksi batu bara rata-rata setiap 6 bulan dinding hopper sudah harus diganti. Untuk menganalisa hal tersebut maka bisa kita lihat tabel dibawah ini :

Tabel 4.12 Nilai persentase keausan Baja Hardox sebelum dan setelah Chromizing.

Persentase Keausan (Sebelum Chromizing)	Persentase Keausan (Hasil Chromizing)
0,6822 %	0,3544 %

Dari tabel diatas jika kita bandingkan persentase keausan sebelum chromizing dan persentase keausan hasil chromizing maka didapat hasil pengurangan persentase keausan yaitu sebesar :

$$\begin{aligned} & \text{Persentase Pengurangan keausan} \\ & = (0,6822 \% - 0,3544 \%) \\ & = 0,3278 \% \end{aligned}$$

Umur pakai Hopper dengan persentase keausan
0,6822 % yaitu = 6 bulan
atau = 4320 Jam.

Penambahan umur hopper hasil Chromizing

$$= \frac{\text{Persentase pengurangan keausan}}{\text{Persentase keausan sebelum Chromizing}}$$

$$= \frac{0,3278\%}{0,6822\%} \times 4320 \text{ Jam}$$

$$= 2075,78 \text{ Jam}$$

$$= 2,883 \text{ Bulan}$$

Maka umur pakai hopper dari hasil Chromizing yaitu sebesar :

$$= 6 \text{ Bulan} + 2,883 \text{ Bulan}$$

$$= 8,883 \text{ Bulan}$$

4.3.7 Analisa Keuntungan karena peningkatan jumlah Produksi BatuBara akibat bertambahnya umur pakai dinding hopper.

Menurut Victor Samuel Narua (2011) hal 27, kapasitas muat maksimum (*Loading Rate*) Pada conveyor Batu Bara CLT008A yaitu 5000 ton per jam, dengan harga batu bara BA 67 = Rp 600.000/ton.

Penambahan umur hopper hasil Chromizing

$$= \frac{\text{Persentase pengurangan keausan}}{\text{Persentase keausan sebelum Chromizing}}$$

$$= \frac{0,3278\%}{0,6822\%} \times 4320 \text{ Jam}$$

$$= 2075,78 \text{ Jam}$$

Maka didapat penambahan jumlah produksi (Q):

$$Q = 5000 \text{ ton/jam} \times 2075,78 \text{ jam}$$

$$= 10.378.900 \text{ ton}$$

Keuntungan setiap siklus Produksi

$$= 10.378.900 \times \text{Rp } 600.000,-$$

$$= \text{Rp}.6.227.340.000.000,-$$

Dengan demikian akibat perlakuan proses chromizing maka didapat penambahan kekerasan dan menambah kekuatan plat dinding corong tuang maka didapat penambahan umur pakai yaitu sebesar 2075.78 jam dan keuntungan produksi sebesar Rp. 6.227.340.000.000,- setiap siklus produksi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan diatas maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan kenaikan temperatur dan semakin lamanya waktu penahanan maka akan menaikkan nilai kekerasan seiring bertambahnya lapisan Chromizing.
2. Dari hasil chromizing didapatkan kekerasan maksimum yaitu 435,6 HB yaitu pada kondisi temperatur Chromizing 1000 °C dengan waktu penahanan 6 Jam.
3. Hasil chromizing didapatkan ketebalan lapisan maksimal yaitu (59,2 µm), juga pada kondisi temperatur Chromizing 1000 °C dengan waktu penahanan 6 Jam.
4. Persentase keausan terkecil 0.3544 % yaitu pada kondisi temperatur Chromizing 1000 °C dengan waktu penahanan 6 Jam.
5. Umur pakai maksimum hopper sebelum Chromizing = 6 Bulan Penambahan Umur Pakai = 2,883 Bulan Total Umur pakai hopper dari hasil Chromizing yaitu = 8,883 Bulan
6. Dengan demikian akibat proses chromizing maka didapat penambahan kekerasan dan menambah kekuatan plat dinding corong tuang maka didapat penambahan umur pakai yaitu sebesar 2075.78 jam dan keuntungan produksi sebesar Rp. 6.227.340.000.000,- setiap siklus produksi.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka beberapa saran yang diusulkan, sebagai berikut :

1. Pada saat pembuatan tabung (Tabung Spesimen Baja Hardox), hendaknya diperhitungkan kekuatan material pada suhu tinggi terhadap tekanan gas yang terbentuk, sehingga terhindar dari pecahnya material tabung yang dapat menimbulkan ledakan yang cukup berbahaya.

2. Pada saat pengelasan tabung (Tabung Spesimen Baja Hardox), perlu ketelitian yang tinggi sehingga terhindar dari kebocoran. Bila perlu dibuat tanpa ada pengerjaan las, misalnya dengan sistim ulir.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bambang Pratowo, (2011). "Peningkatan Kekerasan dan Ketahanan Aus Permukaan Besi Cor Kelabu Melalui Proses Boronisasi". Majalah Ilmiah Momentum Vol 7, No 1, Universitas Wahid Hasyim, Semarang.
2. Bambang Pratowo, (2011). "Peningkatan Kekerasan dan Ketahanan Aus Permukaan Baja Karbon Rendah Melalui Proses Boronisasi". Majalah Publikasi Ilmiah Simetris No 14, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu, Blora.
3. B.H. Amstead, Philip F Ostwald & Myron L.Begemen (1989),. "Teknologi Mekanik" Jilid 1. Terjemahan Sriati Djaprie, Erlangga. Jakarta.
4. B.H. Amstead, Philip F Ostwald & Myron L.Begemen (1989),. "Teknologi Mekanik" Jilid 2. Terjemahan Sriati Djaprie, Erlangga. Jakarta.
5. Donald R. Askeland & Pradeep P. Phule,(2006). "*The Science and Engineering of Materials (International Student Edition)*" Thomson. Canada.
6. Pramuko I. Purboputro, (2006). "Pengaruh Waktu Penahanan terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Pada Proses Pengkarbonan Padat Baja Mild Steel" Jurnal Media Mesin Vol 7, No.1 Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
7. Sriati Djaprie, (1983). "Ilmu dan Teknologi Bahan". Erlangga, Jakarta.
8. Toto Rusianto, (2002). "Pengaruh Temperatur Pemanasan Terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan pada Chromizing Baja Karbon Rendah". Jurnal teknologi Industri Vol VI No. 2, Institut Sains dan Teknologi Akprind, Solo.
9. Tata Surdia, Ir, Prof, M.S.Met.E., (2005). "Pengetahuan Bahan Teknik". Cetakan ke-6. Pradnya Paramita, Jakarta.
10. Tata Surdia, Ir, Prof, M.S.Met.E., (1982). "Teknik Pengecoran Logam". Pradnya Paramita, Jakarta.
11. Victor Semuel Narua, (2011), "Analisa Penurunan Unjuk Kerja Bel Conveyer Batu Bara, Universitas Bandar Lampung, Bandar Lampung.