

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

DIPA UNP



LAPORAN PENELITIAN

Pengaruh Temperatur Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan Hasil Cladding Dengan Penempaan Panas Antara Alluminium Dan Baja Karbon Rendah

Oleh

Zonny Amanda Putra, ST, MT

MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG	
DITERIMA TGL	15 Maret 2013
SUMBER/HARGA	Hd
KOLEKSI	KI
NO. INVENTARIS	79/Hd/2013-p.1(1)
KLASIFIKASI	

Penelitian ini dibiayai oleh:

Dana DIPA Tahun Anggaran 2010

Surat Perjanjian Kontrak Nomor: 190/H35/KP/2010

Tanggal 1 Maret 2010

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2010**



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
LEMBAGA PENELITIAN
Alamat : Jln. Prof. Dr. Hamka. Kampus UNP Air Tawar.
Telepon (0751)7051260 Padang.


LAPORAN PENELITIAN

1. a. Judul Penelitian : Pengaruh temperatur perlakuan panas terhadap kekerasan hasil cladding dengan penempaan panas antara aluminium dan baja karbon rendah.
- b. Bidang Ilmu : Teknologi
2. Ketua Peneliti
 - a. Nama Lengkap dan Gelar : Zonny Amanda Putra, ST, MT
 - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
 - c. Pangkat/Gol/NIP : Penata/ III c / Penata / 19651023 199601 1 001
 - d. Jabatan Fungsional : Lektor
 - e. Fakultas/ Jurusan : Fakultas Teknik/ Teknik Mesin
 - f. Pusat Penelitian : Universitas Negeri Padang
3. Jumlah Anggota Peneliti
4. Lokasi Penelitian : Jurusan Teknik Mesin FT UNP
5. Kerjasama dengan Institusi lain -
6. Lama Penelitian : 6 (Enam) bulan
7. Biaya yang diperlukan
 - a. Sumber dari DIPA UNP : Rp. 7.500.000,-
 - b. Sumber Lain -

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik UNP Padang

Drs. Alwen Bentri, M.Pd
NIP. 19631217 198903 1 003

Ketua Peneliti


Zonny Amanda Putra, ST, MT
NIP. 19651023 199601 1 001

Mengetahui
Ketua Lembaga Penelitian

Drs. Alwen Bentri, M.Pd
NIP. 19610722 198602 1 002

RINGKASAN

Cladding yaitu proses pelapisan umumnya bahan padat dengan padat dengan adanya pengaruh tekanan, temperatur yang tinggi sehingga terjadi difusi antara logam dasar dengan logam pelapis. Dalam penelitian ini logam yang dipakai adalah aluminium dengan baja karbon rendah. Pelapisan logam dilakukan dengan tujuan antara lain: memperbaiki ketahanan aus, mendapatkan sifat konduktivitas listrik dan panas yang baik, memperbaiki ketahanan terhadap korosi dan memperbaiki penampilan dari suatu material.

Metode yang digunakan sebagai pendekatan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Objek penelitian berupa Spesimen uji yang berjumlah 2 buah. Pemanasan dilakukan pada temperatur 450°C dan 500⁰ dengan *holding time* 20 menit. Kemudian spesimen di tempa. Pengujian mekanik yang digunakan adalah kekerasan Brinell.

Kekerasan akhir material yang mengalami proses *cladding* mengalami penurunan dari kekerasan awalnya. Kekerasan material yang mendekati daerah *interface* cenderung turun akibat berkurangnya unsur paduan melalui proses difusi.

PENGANTAR

Kegiatan penelitian mendukung pengembangan ilmu serta terapannya. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian integral dari kegiatan mengajarnya, baik yang secara langsung dibiayai oleh dana Universitas Negeri Padang maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait.

Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerjasama dengan Pimpinan Universitas, telah memfasilitasi peneliti untuk melaksanakan penelitian tentang *Pengaruh temperatur perlakuan panas terhadap kekuatan hasil cladding dengan pengerolan panas antara aluminium dengan baja karbon rendah*, berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Negeri Padang Nomor : 190/H35/KP/2010 Tanggal 1 Maret 2010.

Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pembangunan, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan penelitian tersebut di atas. Dengan selesainya penelitian ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang akan dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dalam peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Di samping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan memberikan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijakan pembangunan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pembahas usul dan laporan penelitian, kemudian untuk tujuan diseminasi, hasil penelitian ini telah diseminarkan ditingkat Universitas. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya dan khususnya peningkatan mutu staf akademik Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini, terutama kepada pimpinan lembaga terkait yang menjadi objek penelitian, responden yang menjadi sampel penelitian, dan tim pereviu Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang. Secara khusus, kami menyampaikan terima kasih kepada Rektor Universitas Negeri Padang yang telah berkenan memberi bantuan pendanaan bagi penelitian ini. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang terjalin selama ini, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan dan semoga kerjasama yang baik ini akan menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

Padang, Desember 2010
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang,

Drs. Alven Bentri, M.Pd.
NIP. 19610722 198602 1 002

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN HASIL.....	i
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN.....	ii
RINGKASAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II KAJIAN TEORI	4
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	18
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	19
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	27
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN.....	33

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1 Jadwal Penelitian	24
2 Tabel Data Nilai Kekerasan Awal Baja karbon rendah.....	28
3. Tabel Data Nilai Kekerasan Awal Alluminium.....	28
4 Tabel Data Nilai Kekerasan Setelah Proses cladding 450°C.....	29
5. Tabel Data Nilai Kekerasan Setelah Proses cladding 500°C.....	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 Pengaruh Kadar Karbon Terhadap Sifat Mekanik Baja	4
2 Difusi substitusi.....	12
3 Difusi interstisi.....	13
4 Difusi vacancy.....	13
5 Difusi cincin.....	14
6 Bagan Dari Alat Uji Kekerasan Brinell	16
7 Spesimen Uji.....	20
8 Diagram Alir Penelitian.....	25

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Beberapa produk logam memerlukan pengerjaan akhir . Pengerjaan akhir dari logam lingkupnya cukup luas. Diantara proses pengerjaan akhir adalah proses pelapisan. Proses ini merupakan proses yang sangat penting, karena dapat meningkatkan beberapa sifat yang diinginkan seperti: memperbaiki ketahanan aus, mendapatkan sifat konduktifitas baik listrik maupun panas, memperbaiki ketahanan terhadap korosi dan memperbaiki penampilan dari suatu material. Proses *cladding* merupakan suatu proses pelapisan permukaan suatu material dengan material yang lain. Secara umum proses pelapisan lain yang sering dilakukan meliputi : cementation, cladding, vacum deposition, metal spraying.

Proses pelapisan adalah proses pengerjaan permukaan material baik logam maupun non logam dalam rangka meningkatkan sifat-sifat material tersebut. Sifat-sifat yang akan ditingkatkan adalah penggabungan sifat-sifat seperti berikut :

- Daya tahan korosi
- Daya tahan gores
- Harga
- Mampu solder
- - Daya kontak listrik
- Mampu pantul/bias cahaya
- Daya tahan temperatur tinggi

Masing-masing metoda pelapisan memiliki kelebihan dan kekurangan. Contohnya untuk benda yang memiliki bentuk rumit dapat dilakukan pelapisan dengan cara penyemprotan (spray).

Penelitian mengenai cladding telah banyak dilakukan. M.Husna Al Hasa , et al, (2006) melakukan penelitian kekerasan terhadap paduan AlFeNi dimana paduan AlFeNi merupakan bahan yang dikembangkan sebagai bahan struktur *cladding* untuk membungkus bahan bakar.. Hasil pengukuran sifat kekerasan paduan AlFeNi dengan kadar 2%, 2,5%, 3% , 3,5% Fe dan 1,5% Ni masing-masing menunjukkan peningkatan dengan meningkatnya unsur pepadu Fe dalam paduan

” Produk cladding banyak digunakan di berbagai aplikasi seperti pada industri otomotif dan alat-alat rumah tangga dan lain-lain.

Pada penelitian ini proses cladding diaplikasikan pada baja karbon rendah yang akan dilapisi dengan aluminium. Karena baja memiliki ketahanan korosi yang kurang baik. Sehingga untuk mengatasinya dapat dilakukan dengan pelapisan aluminium.

B. Identifikasi masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, penelitian ini lebih memfokuskan permasalahannya pada :

1. Proses *heat treatment* dengan temperatur 450 °C dan 500 °C dan cladding dengan penempaan panas mempengaruhi sifat mekanis
2. Belum diketahui perubahan sifat mekanik pada hasil cladding terhadap kekerasan

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang diungkapkan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah pengaruh temperatur pemanasan cladding antara baja karbon rendah dengan alluminium dengan proses penempaan panas

terhadap kekerasan. Untuk pengujian kekerasan digunakan mesin uji universal hardness tester dengan metode Brinell.

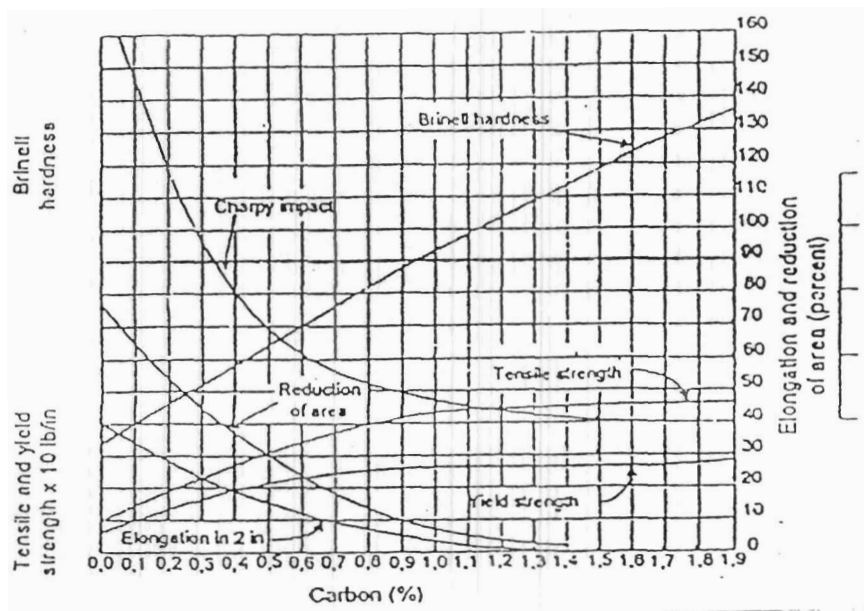
D. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dan identifikasi masalah, maka penelitian ini dapat dirumuskan yaitu, “Apakah ada pengaruh proses pemanasan dan cladding baja karbon rendah dan aluminium dengan proses penempaan panas terhadap nilai kekerasan?”.

BAB II KAJIAN TEORI

A. Baja Karbon

Baja pada dasarnya adalah paduan besi-karbon dengan kadar karbon tidak lebih dari 2,0 % (Joko, 2005:3). Terdapat ribuan paduan yang memiliki komposisi dan perlakuan panas yang berbeda. Baja dibuat dari besi kasar / besi spons dengan mengurangi kadar karbon dan unsur lain yang tidak diperlukan. Sifat mekanik baja sangat bergantung kepada kandungan karbon yang biasanya kurang dari 1 % berat. Pengaruh persentase karbon pada baja terhadap sifat mekaniknya dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1.
Pengaruh Kadar Karbon Terhadap Sifat Mekanik Baja
(Wahid, 1988:19)

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa kekerasan dan kekuatan baja meningkat dengan bertambahnya kadar karbon. Sedangkan keuletan akan menurun dengan meningkatnya kadar karbon tersebut.

Adapun pengelompokkan baja berdasarkan kadar karbonnya adalah sebagai berikut :

1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah (*low carbon steel*), mengandung kadar karbon 0,25 % (Wahid, 1988:35). Struktur mikronya terdiri dari fasa ferit dan perlit. Baja ini penggunaannya sangat luas, sebagai baja konstruksi umum, untuk baja profil rangka bangunan, baja tulangan beton, rangka kendaraan, mur, baut, pelat, pipa, dan lain-lain. Baja ini kekuatannya relatif rendah, lunak, tetapi keuletannya tinggi, mudah dibentuk dan dimachining. Baja ini tidak dapat dikeraskan kecuali dengan *case hardening*.

2. Baja Karbon Sedang

Baja karbon rendah (*medium carbon steel*), mengandung kadar karbon 0,25 – 0,6 % (Wahid, 1988:35). Untuk meningkatkan sifat-sifat mekaniknya, baja ini dapat diberikan perlakuan panas berupa austenisasi, *quenching*, tempering, intercritical annealing. Penggunaannya hampir sama dengan low carbon steel, digunakan untuk yang memerlukan kekuatan dan ketangguhan yang lebih tinggi. Juga banyak yang digunakan sebagai baja konstruksi mesin, untuk poros roda gigi, rantai dan lain-lain.

3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi (*high carbon steel*), mengandung kadar karbon antara 0,6% sampai dengan 1,4% (Wahid, 1988:36). Baja ini lebih kuat dan lebih keras, tetapi keuletan dan ketangguhannya rendah. Baja ini terutama digunakan untuk perkakas, yang biasanya memerlukan sifat tahan aus, misalnya untuk mata bor, reamer, tap perkakas tangan yang lainnya.

Selain itu ada juga pengelompokan baja berdasarkan struktur mikronya yaitu sebagai berikut :

1. Baja Hypo Eutektoid

Struktur mikronya ferit dan perlit dengan unsur karbon berkisar antara 0,025% sampai dengan 0,83% (Wahid, 1988:38).

2. Baja Eutektoid

Struktur mikronya 100% pearlit dengan kandungan karbon tepat sebesar 0,83% (Wahid, 1988:39).

3. Baja Hyper Eutektoid

Struktur mikronya pearlit dan sementit dengan kandungan karbon sekitar 0,83% sampai dengan 1,7% (Wahid, 1988:40).

B. Aluminium

Aluminium ditemukan oleh Humphrey Davy pada tahun 1809 sebagai suatu unsur dan pertama kali direduksi sebagai loga oleh H.C. Oersted pada tahun 1925¹⁾

Aluminium dan paduannya dikenal sebagai logam ringan karena memiliki massa jenis rendah $2,7 \text{ g/cm}^3$ bila dibandingkan dengan baja dengan massa jenis $7,9 \text{ gr/cm}^3$. , mempunyai konduktifitas listrik dan konduktifitas panas yang baik, memiliki ketahanan korosi dalam lingkungan yang umum. Temperatur melting aluminium $660 \text{ }^\circ\text{C}$. Kebanyakan dari paduan aluminium dapat dengan mudah dibentuk karena memiliki keuletan yang tinggi . Keuletannya dapat bertahan sekalipun pada temperatur yang sangat rendah. Aluminium mempunyai struktur kristal FCC (face centered cubic).

Kelemahan aluminium adalah, sifat mampu cor yang kurang baik karena pengkerutan pada saat membeku relatif besar sehingga tidak dapat menghasilkan permukaan yang baik. Disamping itu kekuatannya yang rendah sehingga untuk kebutuhan konstruksi perlu ditambahkan unsur paduan .

C. Perlakuan panas

Perlakuan panas (*Heat Treatment*) didefinisikan sebagai kombinasi operasi pemanasan dan pendinginan yang terkontrol dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu pada baja / logam paduan (Joko, 2005:3).

Langkah pertama dalam setiap proses *heat treatment* adalah memanaskan logam / paduan itu sampai ke suatu temperatur tertentu, lalu menahan beberapa saat pada temperatur itu. Kemudian mendinginkannya dengan laju pendinginan tertentu.

Proses perlakuan panas hendaknya tidak dipandang sebagai suatu proses tersendiri yang terpisah dari rangkaian produksi. Proses perlakuan panas merupakan bagian dari rangkaian produksi yang saling mempengaruhi, sehingga dalam merancang suatu proses perlakuan panas harus juga diperhatikan proses apa yang telah dialami sebelumnya dan apa yang akan dialami berikutnya, sifat akhir apa yang harus dimiliki.

D. Pelapisan logam

Pelapisan logam dilakukan dengan tujuan antara lain: memperbaiki ketahanan aus, mendapatkan sifat konduktivitas listrik dan panas yang baik, memperbaiki ketahanan terhadap korosi dan memperbaiki penampilan dari suatu material. Kendala-kendala yang sering dijumpai pada proses pelapisan secara umum adalah sifat adhesive bahan pelapis terhadap bahan yang dilapis, ketahanan regangan yang kurang baik, kemungkinan adanya evolusi hidrogen yang dapat menyebabkan keretakan.

Jenis-jenis pelapisan logam dapat dikategorikan sebagai berikut :

- a. *Cementation* yaitu proses pelapisan bahan padat dengan padat dimana logam dasar (base metal) dibubuhi dengan serbuk logam pelapis dan kemudian dipanaskan sampai temperatur titik leleh sehingga antara serbuk dan logam dasar terjadi difusi dan membentuk suatu ikatan yang kuat.
- b. *Vacuum deposition* dimana logam-logam tertentu diuapkan dalam keadaan vakum, kemudian akan mengendap pada benda yang akan dilapis karena adanya gaya tarik menarik antara ion-ion logam yang terurai pada temperatur rendah dalam ruang vakum.

- c. *Metal spraying* dimana lapisan terbentuk dari penyemprotan logam pelapis dan terjadi difusi yang menghasilkan ikatan yang *adhesive*.
- d. *Hot dip* yaitu proses pelapisan dengan cara mencelupkan logam dasar ke logam pelapis yang telah dipanaskan hingga temperatur cair sehingga terjadi ikatan yang adhesive.
- e. *Cladding* yaitu proses pelapisan umumnya bahan padat dengan padat dengan adanya pengaruh tekanan, temperatur yang tinggi sehingga terjadi difusi antara logam dasar dengan logam pelapis.

E. Cladding dengan penempaan (*forging*)

Pelapisan untuk menghasilkan material clad dapat dilakukan dengan proses pengerolan dan *forging*.

Proses cladding dengan *forging* adalah salah satu cara yang juga banyak dilakukan. Dalam proses ini biaya produksi dapat dikurangi namun jumlah produksi dapat ditingkatkan.

Cladding dengan penempaan dapat menghasilkan pelapisan pada dua permukaan material dalam keadaan padat. Penempaan untuk menghasilkan produk clad ini melibatkan tekanan tinggi dan lingkungan atmosfer.

F. Teori tempa (*forging*)

Proses tempa (*forging*) merupakan salah satu proses pengerjaan material yang dilakukan dengan cara mengubah bentuk benda kerja dengan cara memberikan gaya dari luar (*external Force*) melalui satu atau beberapa cetakan (*dies/tool*) sampai terjadi deformasi plastis. Gaya pembentukan yang akan mengubah bentuk benda kerja secara permanent. Dengan adanya gaya dari luar akan terjadi aliran logam dengan membentuk mengikuti bentuk tool/dies sebagai shape candidate. Dalam prosesnya ada dua hal yang saling terkait agar mencapai efisiensi proses dan kualitas produk yang tinggi yaitu mendesain proses produksi dan merancang cetakan. Proses produksi

memperhatikan geometri dan kondisi internal produk (sebagai contoh adalah aliran logam (*metal flow*)) sedangkan disain cetakan disamping tergantung akan hal tersebut diatas juga menjawab bagaimana agar cetakan dapat bertahan lama. Variable penting yang berperan dalam proses produksinya adalah temperature benda kerja (billet), tekanan yang dibutuhkan, serta kecepatan pemukulan yang menghasilkan aliran material.

Berdasarkan studi jurnal-jurnal sebelumnya diperoleh empat variable utama yang berperan dalam proses pembentukan tempa yaitu temperature, tekanan, kecepatan pemukulan dan pelumasan yang diberikan. Empat variable utama ini memberi kontribusi yang besar terhadap tingkat kerusakan (*failure*), keausan (*wearing*) atau cacat (*defect*) lainnya pada proses forging. .

Pada proses pembentukan logam secara makro dapat dijelaskan dengan adanya pembebanan yang melebihi batas luluh material akan terjadi depromasi plastis. Dan didalam analisa secara mikro deformasi ini terjadi karena adanya gerakan atom pada logam (*slip*). Pada daerah deformasi ini akan mengalami tegangan yang paling besar (tegangan maksimum) sehingga menjadi sumber gerakan atom logam (partikel logam) akibat beban dari luar. Arah gerakan partikel logam ini mengikuti bentuk die yang merupakan *shape candidate*. Atom-atom pada daerah deformasi ini dalam keadan rigid sehingga daerah tersebut disebut *rigid zone*. Pada kondisi kritis dimana terjadi aliran yang terus menerus maka atom yang berada pada daerah rigid merupakan sumber aliran atom logam dan lama kelamaan akan habis (*zero partikel*) dan secara makro akan tampak retak

Pada saat dilakukan penempaan dengan pukulan palu atau tekanan yang cukup, maka logam akan mengalami deformasi plastis hingga berubah bentuk tanpa mengalami patah dan adanya keretakan pada logam.

Pada hot forging temperature sebagai salah satu variabel yang menentukan dalam

proses yang merupakan bagian penting yang mempunyai kontribusi besar terhadap kegagalan produk. Liu Qingbin dan kawan-kawan, menjelaskan bagaimana peranan pentingnya temperatur pada tempa (*forging*). Pengaruh temperatur dapat menurunkan energi deformasi, meningkatkan kemampuan material dalam bergerak (*mengalir*) tanpa cacat retak (*crack*), dan dapat menghomogenkan dengan sangat baik strukturnya.

G. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil cladding dengan tempa

Untuk mendapatkan hasil cladding yang baik diperlukan beberapa persyaratan sebagai berikut:

1. Material yang dipilih untuk proses pelapisan harus memiliki sifat mampu bentuk (*formability*) yang baik.
2. Permukaan material yang akan dilapis harus rata dan bebas dari lapisan oksida.
3. Temperatur dan reduksi pengerolan untuk memberikan deformasi sehingga terbentuk daerah kontak antar permukaan yang baik.
4. Menjaga permukaan logam terhadap udara bebas terutama pada temperatur tinggi, sehingga terbentuknya lapisan oksida dapat dikurangi.

Lapisan oksida yang terdapat di permukaan dapat juga dibersihkan dengan menggunakan bahan kimia (*pickling*). Disamping itu pembersihan permukaan secara umum dengan menggunakan alkohol, aseton, deterjen dan bahan pembersih lain juga dapat digunakan.

Proses pelapisan dengan cladding ini adalah salah satu teknik pelapisan dengan cara difusi karena melibatkan temperatur, tekanan dan waktu serta terbentuknya ikatan pada interface logam pelapisan.

Pada dasarnya pelapisan yang terbentuk merupakan penempelan dua permukaan material padat dimana terjadi difusi atom antar permukaan atau pada

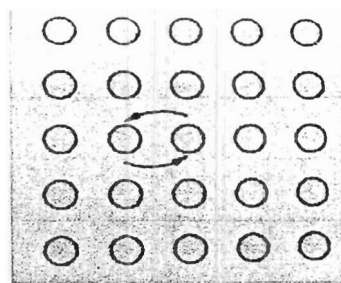
bidang kontak. Pada temperatur yang tinggi, atom memiliki energi yang besar untuk memutuskan ikatan antar atom. Dengan kenaikan temperatur, maka vibrasi atom meningkat dan kemungkinan terjadi vacancy akan lebih besar. Hal ini memungkinkan atom untuk lebih mudah berdifusi. Tekanan yang berasal reduksi pada saat pengerolan akan menyebabkan permukaan material membentuk bidang kontak yang baik, sehingga difusi pada interface lebih mudah terjadi didukung oleh lamanya waktu pemanasan.

H. Mekanisme difusi

Difusi merupakan proses perpindahan massa dalam bentuk pergerakan atom-atom dari satu kisi ke kisi yang lain. Difusi dapat terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi antar satu lokasi kelokasi yang lain. Kondisi yang harus dipenuhi agar atom dapat melakukan pergerakan adalah adanya tempat yang kosong untuk atom berpindah tempat dan atom harus memiliki energi yang cukup untuk memutuskan ikatan dengan atom terdekatnya.

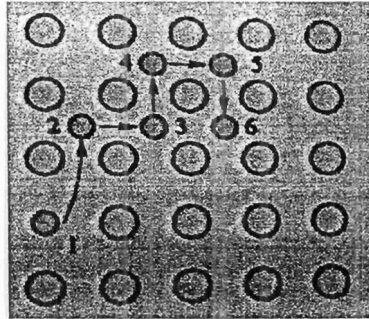
Pergerakan atom dapat terjadi dengan 4 mekanisme yaitu:

- a. Pertukaran tempat dari dua atom yang berdekatan yang disebut dengan difusi substitusi (Gambar 4). Pergerakan ini melibatkan energi yang besar karena masing-masing atom bergerak melewati jarak dua diameter atom .



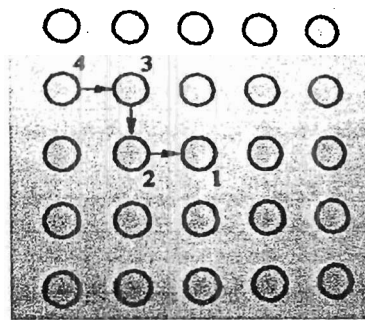
Gambar 2 Difusi substitusi
(Wahid, 1988:58)

- b. Pergerakan atom interstisi (Gambar 5), dimana atom pada posisi 1 bergerak ke interstisi atom 2 dan seterusnya ke posisi interstisi 3, 4, 5 dan 6. Mekanisme ini dapat berlangsung jika ukuran atom interstisi lebih kecil dari atom logam induk.



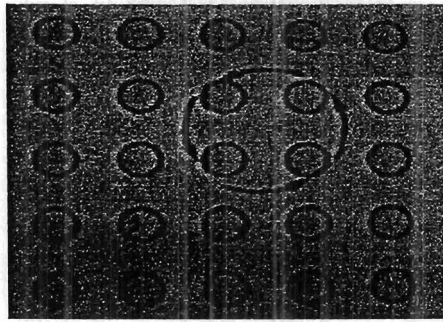
Gambar 3 Difusi interstisi
(Callister, 1991:97)

- c. Difusi vacancy (Gambar 6) , dimana atom 2 mengisi kekosongan posisi 1 sehingga tempatnya diisi oleh atom 3 demikian atom 4 bergerak mengisi kekosongan akibat perpindahan atom 3.



Gambar 4 Difusi vacancy
(Callister, 1991:97)

- d. Ring diffusion (Gambar 7) pergerakan empat atom saling berpindah tempat dan ini biasanya terjadi pada logam dengan susunan padat (closed packed lattice)



Gambar 5. difusi cincin
(Wahid, 1988:58)

I. Pengujian Kekerasan

Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan sebuah benda (benda kerja) terhadap penetrasi / daya tembus dari bahan lain yang lebih keras (penetrator).

Kekerasan merupakan suatu sifat dari bahan yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya dan kekerasan suatu bahan tersebut dapat berubah bila dikerjakan dengan cold worked seperti pengerolan, penarikan, pemakanan dan lain-lain serta kekerasan dapat dicapai sesuai kebutuhan dengan perlakuan panas. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kekerasan dalam perlakuan panas antara lain : komposisi kimia, langkah perlakuan panas, cairan pendingin, temperatur pemanasan, dan lain-lain. Adapun pengujian kekerasan yang digunakan adalah pengujian kekerasan brinell

Pengujian Kekerasan Brinell

Pengujian kekerasan dengan menggunakan metode Brinell bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (identor) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut (spesimen). Idealnya, pengujian Brinnell diperuntukan bagi material yang

memiliki kekerasan Brinnel sampai 400 HB, jika lebih dari nilai tersebut maka disarankan menggunakan metode pengujian Rockwell ataupun Vickers. Angka Kekerasan Brinnel (HB) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (P) dalam Newton yang dikalikan dengan angka faktor 0,102 dan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) bola baja (A) dalam milimeter persegi. Indentor (Bola baja) biasanya telah dikeraskan dan dilating ataupun terbuat dari bahan Karbida Tungsten. Jika diameter Indentor 10 mm maka beban yang digunakan (pada mesin uji) adalah 3000 Kg sedang jika diameter Indentornya 5 mm maka beban yang digunakan pada mesin uji adalah 750 Kg, Sedangkan untuk pengujian yang dilakukan dengan menggunakan indentor berdiameter 2,5 mm dengan beban sebesar 187,5 Kg (1840N).

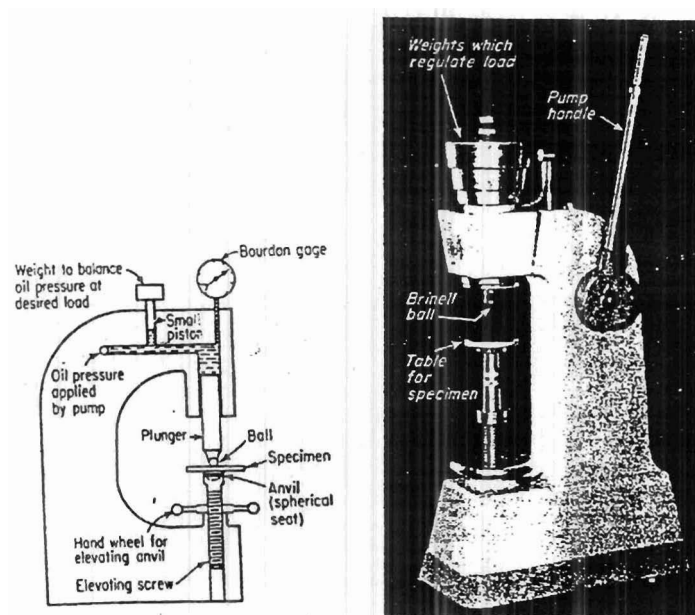
Diameter bola dengan gaya yang diberikan mempunyai ketentuan yaitu :

1. Jika diameter bola terlalu besar dan gaya yang di berikan terlalu kecil maka akan mengakibatkan bekas lekukan yang terjadi akan terlalu kecil dan mengakibatkan sukar diukur sehingga memberikan informasi yang salah.
2. Jika diameter bola terlalu kecil dan gaya yang di berikan terlalu besar maka dapat mengakibatkan diameter bola pada benda yang di uji besar (ambles nya bola) sehingga mengakibatkan harga kekerasannya menjadi salah.

Pengujian kekerasan Brinell ini biasa disebut BHN (Brinell Hardness Number). Pada pengujian Brinell akan dipengaruhi beberapa faktor yaitu :

1. Kehalusan permukaan
2. Letak benda uji pada indenter
3. Adanya pengotor pada permukaan

Bagan dari alat pengujian kekerasan Brinell dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6.
Bagan Dari Alat Uji Kekerasan Brinell
(H.E Davis, 1982:205)

Dalam Prakteknya, pengujian Brinell biasa dinyatakan dalam HB, contoh :
HB 5 / 750 / 15 hal ini berarti bahwa kekerasan Brinell hasil pengujian dengan bola baja (Indenter) berdiameter 5 mm, beban Uji adalah sebesar 750 Kg per 0,102

dan lama pengujian 15 detik. Mengenai lama pengujian itu tergantung pada material yang akan diuji. Untuk semua jenis baja lama pengujian adalah 15 detik sedang untuk material bukan baja lama pengujian adalah 30 detik

Angka kekerasan Brinell (*Brinell hardness number*, BHN) dinyatakan sebagai beban P dibagi luas permukaan lekukan, persamaan untuk angka kekerasan tersebut adalah sebagai berikut:

$$BHN = \frac{\text{Gaya tekan}}{\text{Luas tapak tekan}}$$

$$BHN = \frac{2P}{\pi D \left\{ D - \sqrt{D^2 - d^2} \right\}} \quad (\text{HE Davis, 1982: 207})$$

Keterangan :

P = Beban yang digunakan (kg)

D = Diameter indentor (mm)

d = Diameter lekukan / jejak tekan (mm)

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah : untuk mengetahui pengaruh pemanasan dan cladding pada baja karbon rendah dan alluminium dengan penempaan panas terhadap nilai kekerasan.

B. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai bahan masukan bagi para ahli teknik mesin dalam pemilihan dan proses pengerjaan bahan.
2. Sebagai pengembangan pengetahuan tentang pengaruh proses cladding terhadap nilai kekerasan
3. Memberikan informasi pengembangan penelitian dilingkungan akademik khususnya di Jurusan Teknik Mesin, FT-UNP

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

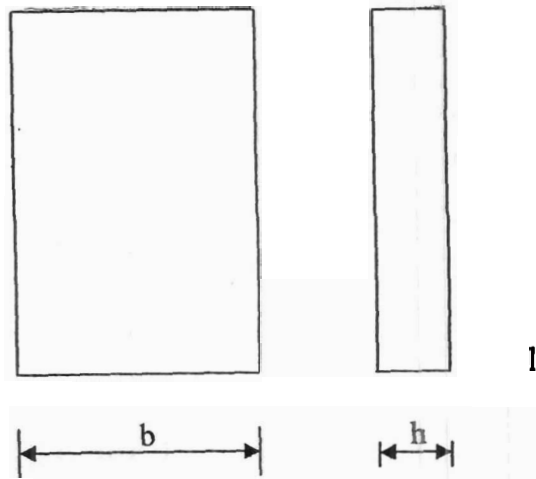
A. Metode Penelitian

Berdasarkan pokok permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini, maka peneliti menggunakan metode penelitian eksperimen, yaitu penelitian untuk mencari hubungan sebab akibat (hubungan kausal) antara dua faktor yang sengaja ditimbulkan oleh peneliti dengan mengeliminasi atau mengurangi faktor – faktor lain yang mengganggu. Eksperimen selalu dilakukan dengan maksud untuk melihat akibat suatu perlakuan. (Suharsimi, 2006:3). Hasil penelitian yang diinginkan diperoleh melalui percobaan yang dilaksanakan di labor melalui pengamatan dan analisa terhadap data yang diperoleh.

B. Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan adalah baja karbon rendah dan alluminium. Bahan yang akan digunakan dipotong dengan ukuran seperti gambar

Baja karbon rendah



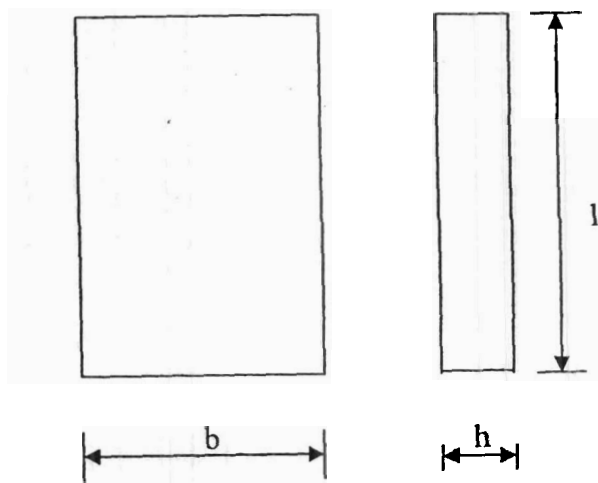
Keterangan:

$$b = 20 \text{ mm}$$

$$h = 8 \text{ mm}$$

$$l = 100 \text{ m}$$

Alluminium



Keterangan:

$$b = 20 \text{ mm}$$

$$h = 5 \text{ mm}$$

$$l = 100 \text{ mm}$$

Gambar 7. Spesimen Uji

C. Jenis Dan Sumber Data

1. Jenis Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer, dimana pengambilan data langsung dari hasil pengujian berupa pengujian kekerasan Brinel (BHN) pada hasil cladding ..

2. Sumber Data

Sumber data dari penelitian ini adalah data hasil perlakuan dan pengujian kekerasan yang diperoleh atau dilakukan di Labor Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang .

D. Alat Dan Bahan

1. Baja karbon rendah dan aluminium dengan jumlah spesimen uji sebanyak 2 buah, dengan asumsi bahwa ini mewakili dari yang banyak.
2. Mesin uji kekerasan (Universal Hardness Tester)
3. Tungku pemanas HOFMANN industrieofenbau
4. Tang penjepit
5. Palu
6. Kertas amplas

E. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini adalah melalui pengujian dengan aspek pengujian sebagai berikut :

1. Pembersihan spesimen dengan mengamplas permukaannya sampai rata
2. Melakukan proses heat treatment dengan tahap-tahap sebagai berikut :
 - a. Proses pemanasan yang dilakukan pada temperatur 450°C dan 500°C , dengan lama penahanan (holding time) 30 menit.
 - b. Kemudian spesimen dikeluarkan dan langsung di pukul menggunakan palu.
 - c. Kemudian dipanaskan lagi dan terus dipukul lagi sampai dengan terjadi penempelan yang diinginkan
 - d. Spesimen kemudian didinginkan.
 - e. Kemudian spesimen di amplas untuk meratakan permukaan .
3. Melakukan pengujian kekerasan brinell dengan tahapan sebagai berikut :
 - a. Spesimen yang telah bersih dari kotoran di uji kekerasannya menggunakan mesin uji kekerasan (Universal Hardness Tester) / metode Brinell
 - b. Persiapkan peralatan uji, yaitu satu set mesin uji kekerasan (Universal Hardness Tester), tabel data pengujian, dan buku pedoman pengujian.

- c. Pasang beban untuk pengujian 187,5 Kg (1840N) untuk baja karbon rendah dan 62,5 kg (613 N) untuk aluminium, setelah itu pasang indenter dengan diameter 2,5 mm.
- d. Untuk pengujian kekerasan, spesimen diletakkan pada landasan, setelah itu landasan dinaikkan sampai dial indikator dengan jarum kecil menunjuk ke angka 3 (titik merah) dan jarum besar menunjuk ke angka 0. Setelah itu diberikan beban awal dengan jalan menurunkan tuas beban perlahan lahan, setelah 15 detik kemudian berikan beban total dengan jalan menaikkan tuas beban kembali.
- e. Kemudian ukur berapa besar diameter jejak tekan pada spesimen, kemudian dihitung harga kekerasan dengan memakai rumus kekerasan Brinnell

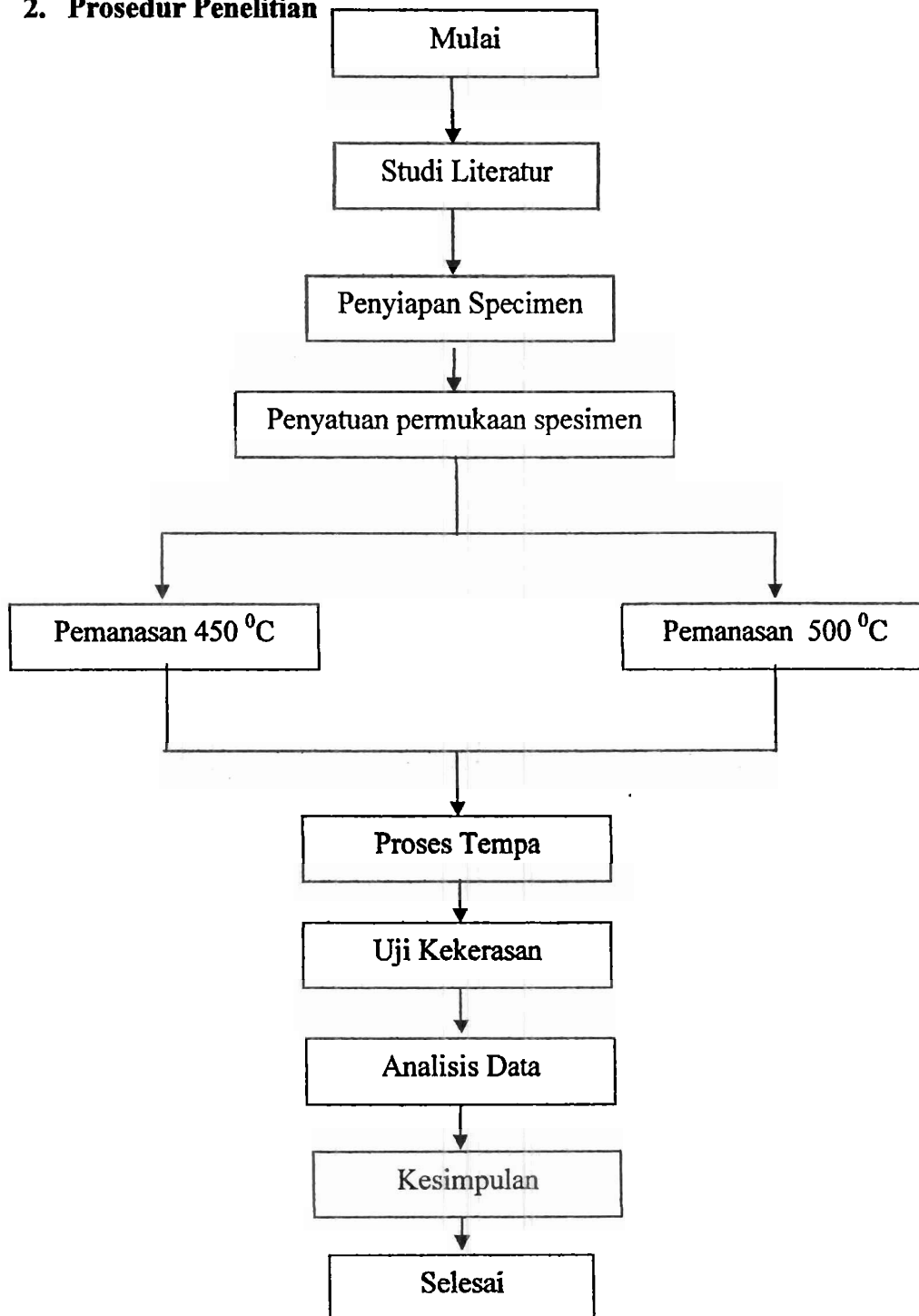
F. Jadwal Dan Prosedur Penelitian

1. Jadwal Penelitian

Tabel 1.
Jadwal Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Jadwal Kegiatan (Bulan Ke-)			
		1	2	3	4
1	Persiapan Bahan	V			
2	Pembuatan spesimen dan pengujian specimen	V	V		
3	Analisi data : a. Analisa hasil b. Analisa data hasil pengujian c. Pembuatan grafik			V	
4	Simpulan / hasil analisis				V
5	Presentasi hasil analisis				V
6	Pembuatan laporan				V

2. Prosedur Penelitian



Gambar 8. Diagram alir Penelitian

G. Instrument Pengumpulan Data

Instrumen pengumpulan data yaitu menyiapkan tabel-tabel yang dibutuhkan yang sesuai dengan penelitian yang dilakukan..

H. Instrument Pengolahan Data

Proses pengolahan data dan penganalisaan data tersebut dilakukan dengan cara pengujian kekerasan Brinell dengan mesin uji terhadap spesimen.

I. Teknik Analisis Data

Data diambil dari pengukuran kekerasan hasil lapisan yang mengalami perlakuan panas dengan temperatur yang berbeda pada daerah interface ke arah base metal untuk mengetahui perubahan kekerasan yang dihasilkan dari proses cladding.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Lokasi, Objek Dan Data Awal Penelitian

1. Deskripsi Lokasi Dan Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yang disetiap tahapnya dilaksanakan di beberapa tempat yang sesuai dengan keperluan penelitian. Tahap pertama dari penelitian tersebut adalah pemotongan spesimen untuk pembuatan pelapisan (cladding) di Laboratorium Teknologi Produksi FT-UNP. Kemudian dilanjutkan dengan pembersihan spesimen serta pemanasan spesimen dan penempaan serta pengujian kekerasan yang dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan FT-UNP.

Bahan uji yang dijadikan sebagai objek penelitian ini adalah baja karbon rendah dan aluminium

Data Kekerasan Awal

Dari pengujian kekerasan yang dilakukan pada Baja karbon rendah didapat data kekerasan awal seperti diperlihatkan pada tabel 2 dan 3 berikut ini :

Tabel 2.
Data Kekerasan Awal baja Karbon Rendah

No	Nilai kekerasan awal (BHN)
1	227,48
2	183,73
3	227,48
Rata-rata	212,9

Tabel 3.
Data Kekerasan Awal Alluminium

No	Nilai kekerasan awal (BHN)
1	75,82
2	75.82
3	61.24
Rata-rata	70,96

Dari hasil perhitungan pengujian kekerasan di beberapa tempat dengan jarak tertentu dari interface, dapat dilihat pada tabel 4 dan tabel 5.

Tabel 4.
Tabel Data Nilai Kekerasan spesimen (BHN) Setelah cladding
Dengan pemanasan 450⁰C

No	Jarak dari interface (mm)	Baja karbon rendah	Jarak dari interface (mm)	alluminium
1	2	154,1	2	51,37
2	4	170,6	2	51,37
3	2	154,1	2	51,37
4	4	170,6	2	51,37

Tabel 5.
Tabel Data Nilai Kekerasan Setelah cladding
Dengan pemanasan 500⁰C

No	Jarak dari interface (mm)	Baja karbon rendah	Jarak dari interface (mm)	alluminium
1	2	129,13	2	43,04
2	4	154,1	2	43,04
3	2	129,13	2	43,04
4	4	154,1	2	43,04

Dari hasil pengukuran harga kekerasan seperti yang terdapat pada tabel 4 dan tabel 5, ternyata terjadi penurunan harga kekerasan dari daerah base metal kearah yang mendekati interface. Ini disebabkan karena adanya pemanasan yang cukup tinggi yang menyebabkan terjadinya over aging dan mekanisme pelunakan (recovery).

Besarnya mekanisme pelunakan tersebut tergantung pada jenis logamnya, temperatur pengerjaan serta kecepatan proses deformasi atau laju regangannya. Dari tabel didapatkan harga kekerasan aluminium yang mengalami pemanasan pada temperatur 500 °C memiliki harga kekerasan lebih rendah dari pemanasan pada temperatur 450 °C. Karena aluminium memiliki energi salah tumpuk yang cukup tinggi, meskipun dideformasi pada temperatur tinggi tidak terjadi rekristalisasi. Untuk baja karbon rendah hal ini disebabkan karena pada proses pemanasan, dengan pendinginan (udara) sangat lambat akan memberikan pengaruh pada kekerasan, yaitu menurunnya nilai kekerasan. Selain itu juga memberikan pengaruh perubahan terhadap struktur mikro yaitu butiran ferrit dan perlit yang dihasilkan menjadi terlalu kasar.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kekerasan akhir material yang mengalami proses cladding mengalami penurunan dari kekerasan awalnya. Dimana kekerasan awal baja karbon rendah 212,9 BHN dan kekerasan awal aluminium 70,96.
2. Kekerasan material yang mendekati daerah interface cenderung turun akibat berkurangnya unsur paduan melalui proses difusi. Untuk baja karbon rendah kekerasan yang dekat daerah interface pada temperatur 450⁰C sebesar 154,1 BHN dan untuk aluminium sebesar 43,04 BHN. Pada temperatur 500⁰C kekerasan baja karbon rendah 129,13 BHN, untuk aluminium 51,37 BHN.

B. Saran

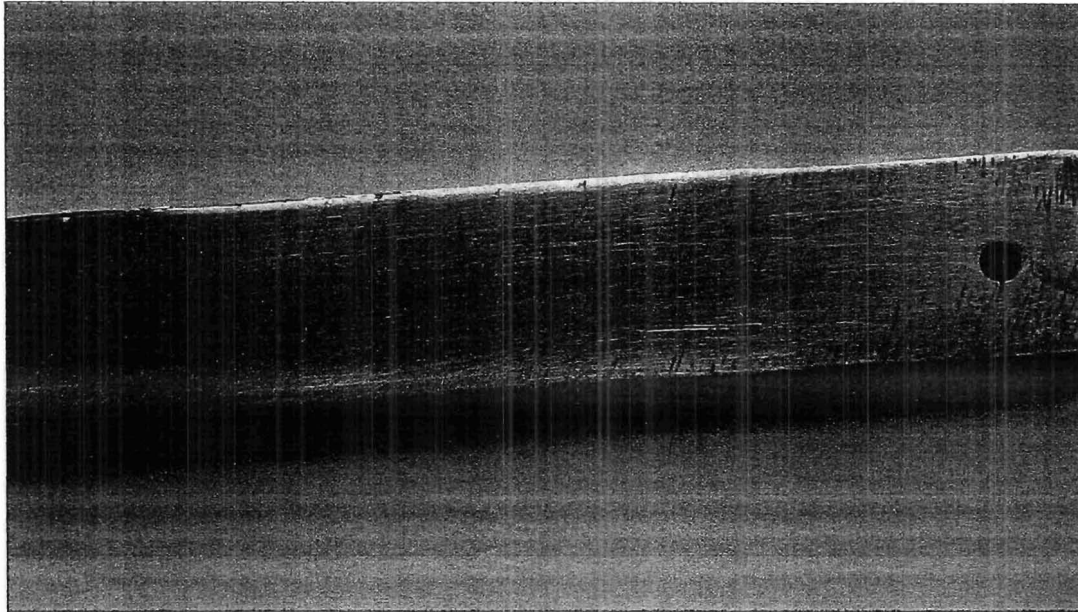
Beberapa saran untuk penelitian lebih lanjut :

1. Melakukan variasi temperatur untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat mekanik (kekerasan).
2. Melakukan proses pengerolan untuk mendapatkan difusi yang baik
3. Bagi yang ingin meneliti permasalahan ini selanjutnya, disarankan untuk melihat struktur mikro

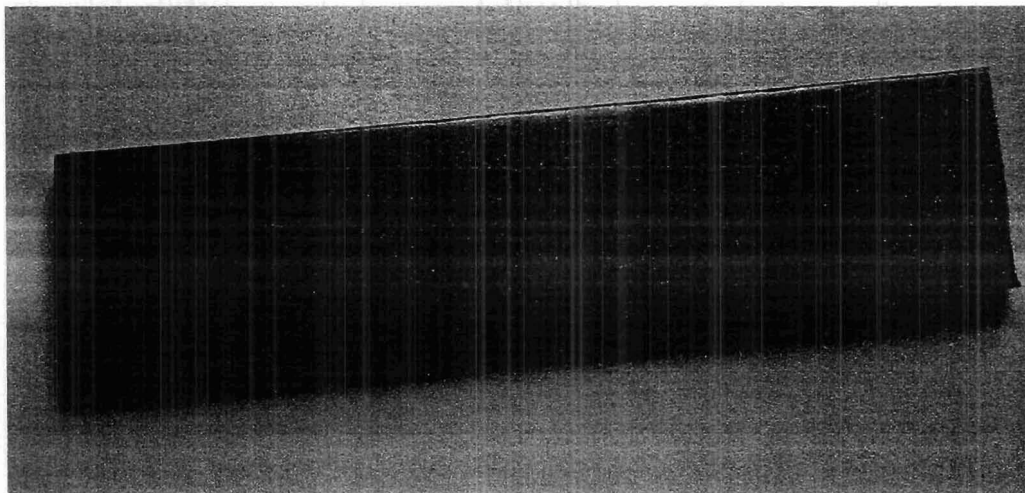
Daftar Pustaka

- ASM Handbook,. *Surface Engineering Vol 5*, 9th edition: American Society for Metals, USA, 1992.
- Callister, M.D, *Material Science and Engineering an Introduction*: John Willey and Sons, New York, 1990.
- Djafri, Sriati dan Van Vlack, *Ilmu dan teknologi Bahan*: Erlangga, Jakarta, . 1989.
- Gabe, DR, *Principles of Metal Surface Treatment and Protection*, 2nd ed, Pergamon Press, 1978
- George F. Vander Voort, *Metallography*: Mc Graw Hill Book Company, Inc, USA, 1984.
- HE Davis, GE Troxell, GF.W Hauck, *The Testing of Engineering Materials*: Mc Graw Hill Book Company, Inc, USA, 1982.
- K-E Thelning, *Steel and Its Heat Treatment*: Fakenham Press Ltd, England, 1975.
- R. E Smallman, *Metalurgi Fisik Modern*: P.T. Gramedia, Jakarta, 1991.
- Robert Wilson, *Metallurgy and Heat Treatment of Tool Steels*: Mc Graw Hill Book Company Limited, England, 1975.
- Saleh AA, *Pelapisan Logam*: Balai Besar Pengembangan Industri Logam dan Mesin, Bandung, 1999.
- Suherman W, *Pengetahuan Bahan*, Jurusan Teknik Mesin, ITS, 1987.
- Surdia, T, Saito, S, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta 1995.
- WG. Moffatt, *The Structure and Properties of Materials*: John Wiley & Sons, Inc,USA, 1964.
- [www. Snelsons.co.uk/index.html](http://www.Snelsons.co.uk/index.html)

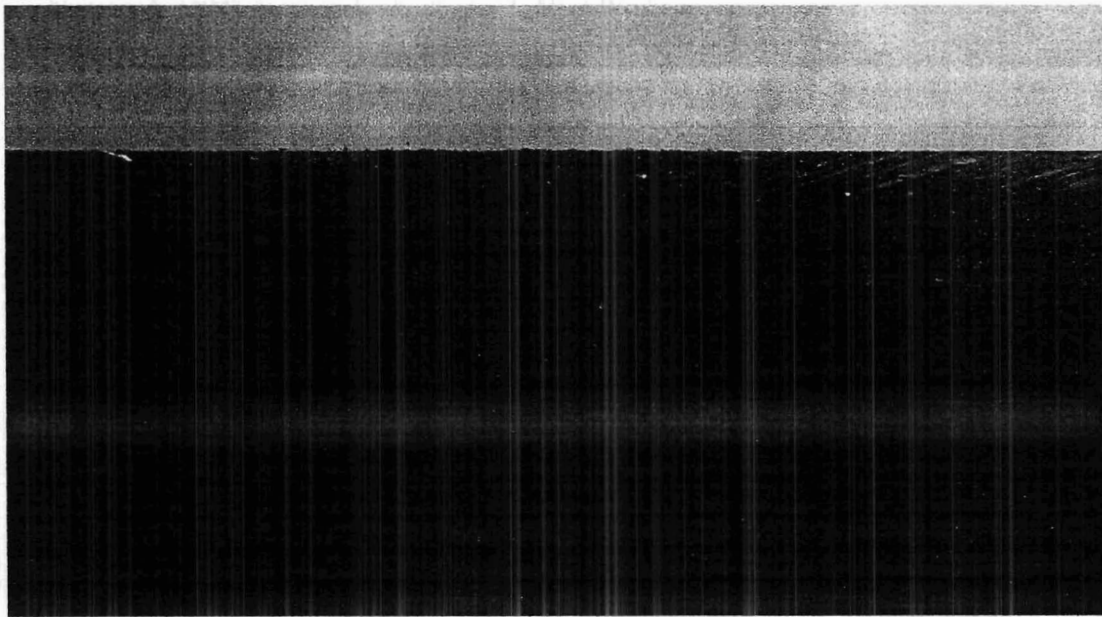
LAMPIRAN



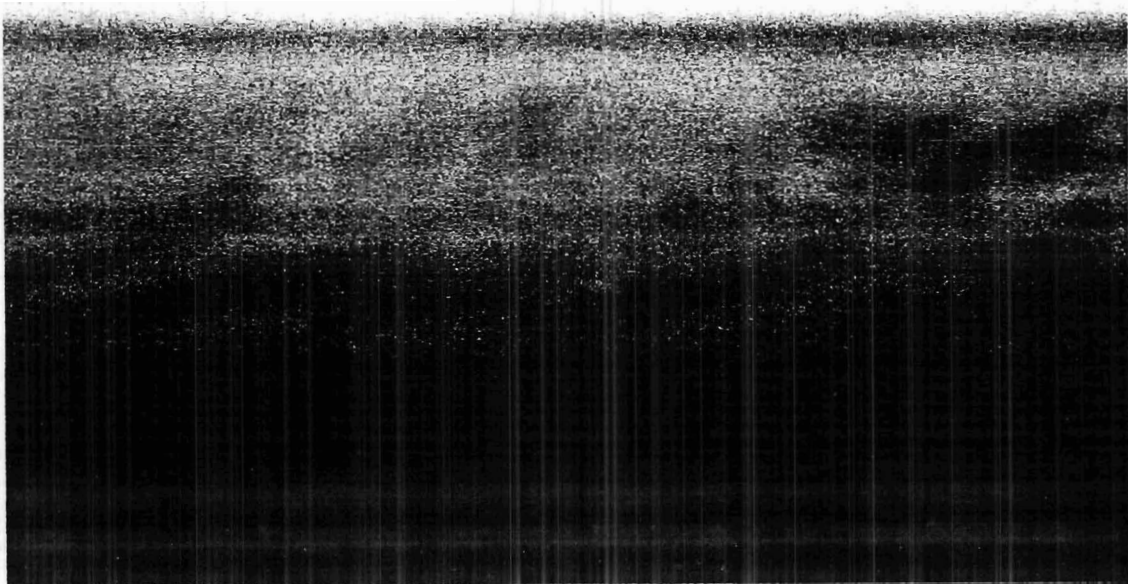
Alluminium



Baja karbon rendah



Hasil Cladding pada temperature 450 °C



Hasil Cladding pada temperature 500 °C