

## SERBUK ALUMINA SEBAGAI KATALIS DIDALAM REAKTOR FLUIDISED BED

**W. Sujana, K. A. Widi**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional Malang  
Jl. Karanglo Km 2 Kampus 2. Malang, Indonesia  
Wayan\_sujaan58@yahoo.com

### ABSTRAKSI

Teknologi fluidized bed saat ini telah dimanfaatkan untuk proses perlakuan termokimia gas dalam menghasilkan kekerasan permukaan baja. Serbuk alumina dimanfaatkan sebagai media pada teknologi ini bertujuan untuk meningkatkan transfer panas dari dinding dapur menuju ke specimen baja dengan demikian akan menghasilkan peningkatan kualitas kekerasan permukaan. Namun kualitas pengerasan permukaan sangat ditentukan oleh paduan dari baja tersebut. Perbedaan unsur paduan bahan akan menghasilkan lapisan pasif yang berbeda pada permukaan masing-masing bahan tersebut sehingga tentunya akan mempengaruhi perbedaan transfer panas dipermukaan specimen. Pada penelitian ini akan memanfaatkan berbagai jenis baja dengan paduan berbeda yaitu baja paduan rendah (baja perkakas), baja paduan tinggi (baja tahan karat) dan baja lapis paduan murni (baja hard khrom) yang akan diberi perlakuan didalam dapur fluidized bed dengan dan tanpa memanfaatkan serbuk alumina.

Karakterisasi specimen hasil proses ini akan diamati kualitas lapisan kerasnya dengan memanfaatkan pengujian distribusi kekerasan (metode Vickers), pengujian distribusi komposisi kimia (metode EDAX) dan pengamatan struktur mikro dengan mikroskop electron dan scanning electron microscope (SEM). Hubungan dan peran serbuk alumina dan unsur paduan didalam baja akan memberikan informasi fenomena yang terjadi sehingga didapatkan suatu analisis yang tepat terhadap metode dalam menghasilkan peningkatan kualitas pengerasan permukaan termokimia.

*Kata kunci: fluidized bed, serbuk alumina, SEM, EDAX*

### PENDAHULUAN

Dapur fluidized bed akan memberikan keuntungan karena permukaan material dipanaskan lebih cepat, menghasilkan pengaruh daerah panas yang kecil, kecermatan pada pengontrolan saat perlakuan permukaan dan pada saat proses perlakuan tidak terkontaminasi dengan udara luar. Ini

dapat terjadi akibat peran dari serbuk alumina didalam teknologi reactor fluidized bed. Namun demikian ada beberapa hal yang perlu menjadi pertimbangan pada sebuah teknologi dan diharapkan terus dikembangkan menuju teknologi yang ramah lingkungan.

Pada penelitian ini akan difokuskan kearah *green technology* salah

satunya dengan mengurangi pemanfaatan serbuk alumina didalam fluidized bed. Dengan memahami seberapa besar peran serbuk alumina dalam menghasilkan kualitas kekerasan permukaan diharapkan kedepan penggunaan serbuk alumina dapat dikurangi bahkan digunakan material serbuk lain yang lebih ramah lingkungan. Disamping green teknologi, efisiensi juga diharapkan akan dihasilkan karena biaya untuk pembelian serbuk alumina dapat diminimalisir.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen pada skala laboratorium yang pengamatannya difokuskan pada karakteristik bahan baja paduan dalam menghasilkan kualitas lapisan. Dimana peran paduan akan diamati dengan lebih detail dengan melakukan analisa/pemeriksaan uji kekerasan, uji SEM, uji EDAX dan uji struktur mikro. Pada penelitian ini akan mengamati peran serbuk alumina dalam menghasilkan kualitas lapisan keras permukaan baja dan peran unsur paduan dalam baja dalam menghasilkan lapisan keras permukaan memanfaatkan teknologi fluidized bed tanpa dan dengan serbuk alumina

#### **TINJAUAN PUSTAKA**

Penelitian pemanfaatan dapur fluidized bed sebagai media dalam menghasilkan lapisan keras telah banyak diamati [Haruman et al ,2006]. Karakteristik yang penting dalam reaktor *fluidised bed* adalah perpindahan panas yang menghasilkan efisiensi yang tinggi. Gejala fluidisasi disebabkan oleh partikel oksidasi inert (alumina atau pasir silika) halus, kering dan bertingkah laku seperti zat cair, dimana partikel yang satu dengan yang lainnya akan terpisah oleh gas yang

bergerak melewati *bed*. Suatu reaktor *fluidised bed* gas dapat ditinjau sebagai fasa padatan selama menunjukkan batas atas butiran-butiran alumina yang jelas (belum terdapat aliran gas). Jika kecepatan aliran gas terlalu tinggi, dimana batas atas butiran-butiran alumina tidak tampak jelas, maka dalam kondisi demikian padatan akan terlempar dari dapur oleh aliran gas [Reynodsan, 2003].

Di dalam menentukan mutu fluidisasi, suatu diagram penurunan tekanan ( $\Delta p$ ) terhadap kecepatan ( $\mu_0$ ) bermanfaat sebagai gambaran, jika pengamatan visual tidak memungkinkan. Suatu *bed* yang difluidisasi dengan baik terdiri dari dua tahap utama seperti tampak pada gambar 1.

Adapun tahapan-tahapan tersebut antara lain :

- Tahap *fixed bed*

Pada tahap awal dimulainya proses, dimana kecepatan aliran gas relatif rendah di dalam *bed*, kecepatan alir gas akan semakin meningkat sebanding dengan penurunan tekanan dan akan mencapai nilai maksimum pada  $\Delta p$  max. Dengan meningkatnya kecepatan alir gas, maka partikel-partikel alumina akan saling tidak kontak akibat adanya aliran gas yang melewati butiran sehingga butiran-butiran tersebut akan bergerak seperti cairan (*fluida*).

- Tahap *fluidised bed*

Meskipun aliran gas meningkat, tapi penurunan tekanan tetap tidak berubah. Hal ini disebabkan karena partikel padatan akan bergerak bebas/teraduk oleh aliran gas tanpa halangan yang berarti. Adanya aliran turbulen dan pergerakan cepat dari fluida

(alumina atau silika), menyebabkan peningkatan koefisien perpindahan panas pada *fluidised bed* hingga 120-1200 W/m<sup>2</sup> °C. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi koefisien perpindahan panas dalam dapur *fluidised bed* antara lain : ukuran partikel, jenis material *bed* dan kecepatan fluidisasi gas.

### Keuntungan Fluidised Bed

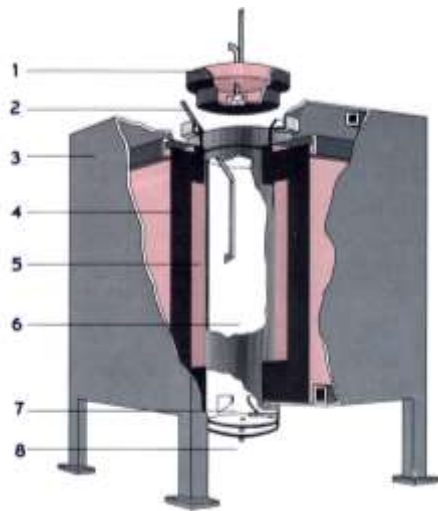
*Fluidised bed* terdiri atas dapur (retort, pemanas dan insulasi) dan sistem kontrolnya. Dapur dipanaskan oleh elemen pemanas dan gas (nitrogen) dialirkan ke dapur untuk melindungi terjadinya oksidasi atau dekarburisasi di dalam *fluidised bed*. Adapun konstruksi pada suatu dapur *fluidised bed* dapat ditunjukkan dalam gambar 2. Adapun beberapa keuntungan dari fluidised bed diantaranya :

- Kecepatan perpindahan panas yang tinggi, keseragaman temperatur lebih cepat serta dapat dioperasikan hampir pada semua jangkauan temperatur.
- Efisiensi termal tinggi dengan konsumsi listrik rendah.
- Biaya operasional lebih rendah selama digunakan.
- Waktu pemanasan lebih singkat, sehingga mengurangi waktu perlakuan.
- Partikel pada *fluidised bed* tidak abrasif, tidak korosif dan tidak membasahi benda kerja.
- Permukaan yang dihasilkan lebih baik, tidak terjadi *scalling*.
- Deformasi yang terjadi lebih kecil.
- Dapat dipakai untuk berbagai proses perlakuan panas hanya dalam satu dapur, seperti : pengerasan, karbonitridisasi, karburisasi, nitridisasi, nitrokarburisasi dan lain-lain.
- Tidak terjadi korosi.
- Bebas dari polusi dan kontaminasi.
- Dapat juga untuk keperluan pendinginan dan sebagai media celup.
- Laju pemulihan lebih cepat (*faster recovery rates*).
- Perubahan komposisi atmosfer yang cepat (*rapid changes of atmosphere compositions*).

### Kekurangan Fluidised Bed

Fluidised bed juga memiliki kekurangan yaitu diantaranya :

- Sangat potensial terjadinya peledakan, bila terdapat kebocoran.
- Arah dari aksi *fluidised bed* pada permukaan benda kerja yang beorientasi secara berbeda-beda.
- Variasi ukuran komponen kerja yang diijinkan sulit diketahui.
- Menimbulkan bau menyengat, jika pada saat perlakuan menggunakan gas ammonia.



Gambar 1. Konstruksi dapur *fluidised bed* [Reynoldson, 2003]

Untuk meningkatkan daya lekat dapat dengan membentuk lapisan difusi nitrida terlebih dahulu pada bagian permukaan substrat sebelum diberi proses pelapisan [He, et.al, 2007] dan dengan menghasilkan kedalaman difusi nitrida yang optimum dapat meningkatkan ketahanan aus lapisan [He, et.al, 2007]. Sedangkan untuk mengurangi tegangan pada lapisan permukaan dapat diberikan perlakuan panas lanjut sehingga akan menyebabkan terjadinya difusi antar-lapisan, dengan demikian akan meningkatkan daya lekat antar-lapisan tersebut [Friesen, et.al, 1991].

Klasifikasi perlakuan panas termokimia untuk baja dapat dibagi menjadi dua jenis berdasarkan temperatur proses yang diberikan, yaitu Perlakuan termokimia feritik dan austenitik [Reynoldson, 2003]. Perlakuan termokimia feritik adalah suatu metode pengerasan permukaan baja yang dilakukan pada daerah temperatur feritik.

Yang termasuk jenis ini antara lain Nitridisasi (*nitriding*) dan Nitrokarburisasi feritik (*ferritic nitrocarburising*). Keuntungannya adalah karena proses ini dilakukan pada temperatur yang rendah (temperatur feritik) maka resiko terjadinya retak akibat *residual stress* rendah atau bisa dikatakan tidak terjadi dan dengan demikian biaya pemrosesan menjadi rendah.

### Serbuk Alumina

Serbuk alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) mempunyai banyak kegunaan dalam bidang elektronik, katalis dan aplikasi pada suhu tinggi. Dalam bidang elektronik, alumina digunakan sebagai IC bahan elektronik, seperti radio, televisi dan komputer. Dalam bidang katalis alumina digunakan sebagai katalis dalam reaksi dehidrasi alkohol, reaksi dehidrogenasi maupun reaksi pemecahan hidrokarbon. Sedangkan dalam aplikasi suhu tinggi alumina digunakan sebagai komponen furnace dan campuran crucible (Ismunandar, 2004). Metode ELD merupakan metode deposisi dimana prosesnya digunakan untuk persiapan lapisan keramik dengan deposisi elektroda yang dimulai dari suspensi garam logam, yang mana ion logam akan membentuk endapan di lapisan katoda (Zhitomirsky, 2002). Keuntungan metoda ELD adalah waktunya relatif pendek, konsentrasi dapat dikontrol dengan parameter-parameter fisik seperti tegangan, arus dan konsentrasi serta jenis 2 suspensi yang variatif, dan diharapkan terbentuk produk yang mempunyai kemurnian tinggi.



Gambar 2. Serbuk alumina

### Media Difusi Aluminium Oxide

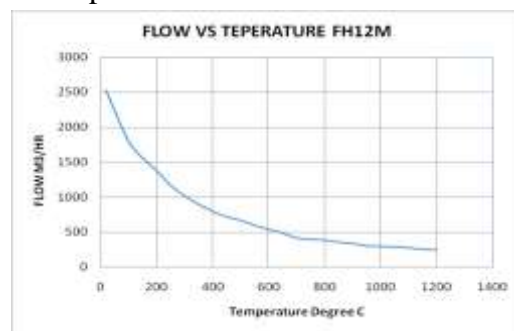
Aluminium Oxide disuplaikan kedalam bagian silinder pada *fluidized bed furnace* sebagai penghantar panas dan media aliran suplai gas sampai menyentuh permukaan spesimen yang dipanaskan. Adapun aluminium Oxide yang digunakan dalam proses *Fuidized bed furnace* ini terdiri dari 2 jenis yaitu :

1. *Coarse grit* (berwarna hitam dan kasar), diletakkan sedalam 64 mm dari dasar dapur.
2. *Fine grit* (berwarna putih dan halus), diletakkan diatas *coarse grit* hingga ketinggian 100 mmdi bawah permukaan atas tutup silinder atas.

### Laju Alir Massa dan Temperatur Pada *Fluidized Bed Furnace*

Suhu operasi pada proses pada tungku *fluidized bed* harus selalu terkontrol dengan seimbang suhu maksimum operasi pada 1050 °C dengan aliran massa gas yang disuplaikan sesuai dengan panduan

operasi. Pada suhu yang tinggi aliran massa gas dikontrol dengan ukuan yang rendah agar tidak terjadi over pressure, jelaga yang terlalu besar dan hembusan aluminium oxide panas yang keluar dari lubang outlet yang berbahaya dan dapat menyebabkan kecelakaan kerja. Berikut tabel Flow vs temperature panduan operasi.



Gambar 3. Grafik Temperatur terhadap aliran gas pada operasi fluidised bed furnace

Dalam proses karburisasi digunakan dua jenis gas yaitu propana dan nitrogen dengan ditentukan bahwa besar aliran massa dari masing – masing gas adalah sesuai dengan konsentrasi yang dikehendaki yaitu dengan aliran yang disesuaikan dengan suhu operasi 900 °C digunakan aliran gas 0,340 m<sup>3</sup>/hr. Dan aliran yang ditahan pada katup kedua dari masing – masing gas sebesar :

- Propana (LPG) = 15 Kpa @ 17 l/m
- Ammonia = 15 Kpa @ 17 l/m
- Air = 15 Kpa @ 50 l/m

- Nitrogen = 15  
Kpa @ 50 l/m

## METODE PENELITIAN

### Metode Penelitian

Dalam melaksanakan pengumpulan data digunakan beberapa metode dan rencana penelitian, sehingga langkah-langkah yang akan dilakukan dapat berjalan secara sistematis. Reaktor Fluidised Bed skala Laboratorium terdapat di Laboratorium Material Jurusan T. Mesin ITN Malang yang baru dibeli dari Australia (tahun 2003). Bahan yang digunakan adalah baja dengan komposisi khrom berbeda. Adapun pengujiannya adalah pengujian kekerasan dengan Vickers dan analisa struktur dengan mikroskop elektron.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dapat ditunjukkan pada gambar 4 sampai gambar 7 menunjukkan pada baja hard chrome mempunyai kekerasan paling tinggi dibanding yang lain. Dimana pada jarak 200 mikron mempunyai kekerasan sebesar 401.2 HV. sedangkan untuk jarak 400 mikron mempunyai kekerasan 309.0 HV dan kedalaman dengan jarak 600 mikron mempunyai kekerasan sebesar 201.0 HV. Dapat disimpulkan bahwa jarak setiap titik bila semakin dekat maka kekerasannya semakin meningkat. Dari penelitian yang dilakukan tentang analisa pengaruh paduan pada baja terhadap proses nitridasi dengan memanfaatkan serbuk alumina diluar dapur fluidized bed disimpulkan bahwa :

1. Dari penelitian **Struktur Mikro** terlihat perbedaan antara struktur

Ferrite dan struktur Pearlite. Baja AISI 1045 dan Baja AISI 01 terlihat Pearlite yang lebih mendominasi dibandingkan Baja AISI 316L struktur Ferrite lebih mendominasi.

2. Dari penelitian **SEM dan EDAX** didapatkan perbedaan dari ketiga spesimen kandungan Fe dari Baja AISI 1045 dan Baja AISI 316L lebih tinggi dari pada Baja AISI 316L. Dan diantara ketiga spesimen kandungan Fe yang paling besar adalah Baja AISI 316L.
3. Dan dari penelitian **Vickers** dapat disimpulkan bahwa dari semua titik spesimen Stainless Steel lebih rendah dibanding Baja AISI 1045 dan Baja AISI 01. Begitu pula dilihat dari Base Metal Baja AISI 316L lebih kecil dari pada Baja AISI 1045 dan Baja AISI 01.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan dan Saran

1. Menambahkan kandungan atau unsur N<sub>2</sub> (Nitrogen).
2. Untuk mendapatkan kekerasan yang sesuai dengan kebutuhan, maka bagi yang akan melakukan penelitian diharapkan memperhatikan suhu serta penambahan waktu (Holding Time) yang digunakan.
3. Penggunaan suhu yang digunakan harus disesuaikan dengan besarnya bahan yang ingin di Nitriding

**DAFTAR PUSTAKA**

1. ASM International Handbook Committee, *ASM Handbook*, Sinha A.K., Physical Metallurgy Handbook, New York: McGraw-Hill, 2002. ... OH: ASM, 1953, pp. 123–143.
6. Minkevich A.N., 'Thermochemical treatment of metals and alloys'
2. E. Haruman, Y. Sun, H. Malik, AG.E. Sutjipto, K. Widi, Low Temperature Nitriding of Austenitic Stainless Steel, The 3 Asian Conference on Heat Treatment of Materials, Nov. 10-12 Gyeongju, Korea, 2006.
3. Ismunandar, Brendan J. Kennedy, (1996), "Structure of A<sub>2</sub>BiNb<sub>2</sub>O<sub>9</sub> (A = Sr, Ba) : Refinement of Powder Neutron Diffraction Data", *Journal of Solid-state Chemistry*, 126, 135-141
4. I Zhitomirsky, Cathodic electrodeposition of ceramic and organoceramic materials. Fundamental aspects *Advances in colloid and interface science* 97 (1), 279-317, 2002
5. R.W. Reynoldson, Heat Treatment in Fluidised Bed Furnace, International Publication, Quality Heat Treatment Pty.Ltd. Australia, 2003.

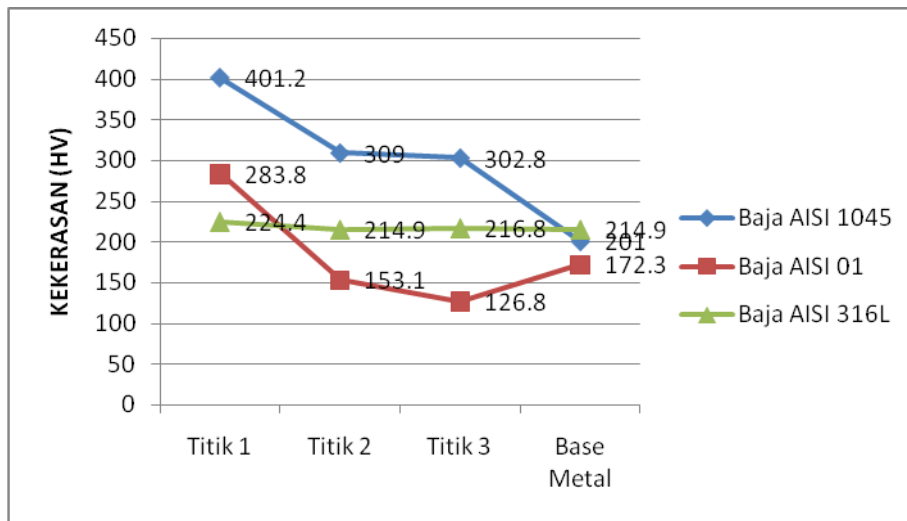


Gambar 4 Struktur mikro hasil uji mikroskop optik perlakuan nitridisasi tanpa serbuk alumina Baja Hard khrom

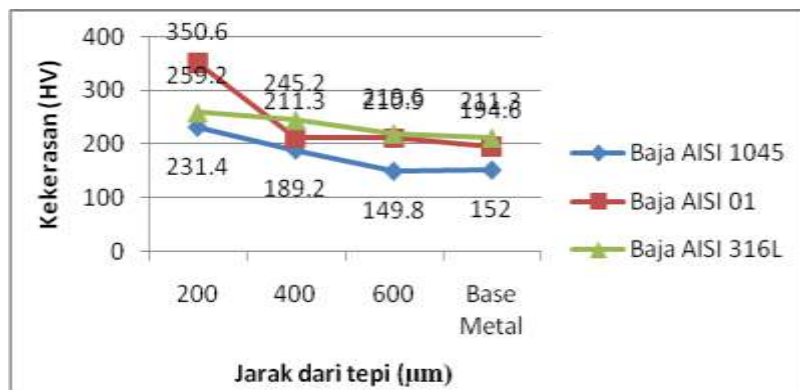


Gambar 5.. Struktur mikro hasil uji mikroskop optik perlakuan nitridisasi dengan serbuk alumina Baja Hard khrom





Gambar 6. Hasil uji kekerasan perlakuan nitridisasi tanpa serbuk alumina a) Baja Hard khrom, b) Baja AISI 4140, c) Baja Tahan Karat



Gambar 7. Hasil uji kekerasan perlakuan nitridisasi dengan serbuk alumina a) Baja Hard khrom, b) Baja AISI 4140, c) Baja Tahan Karat