

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. LATAR BELAKANG

Paduan Fe-Al merupakan material yang sangat baik untuk digunakan dalam berbagai aplikasi terutama untuk perlindungan korosi pada temperatur tinggi<sup>[1]</sup>. Paduan ini akan membentuk lapisan oksida yang protektif dalam lingkungan oksidasi, sulfidasi, lelehan garam dan tahan terhadap karburisasi dalam kondisi aplikasi temperatur tinggi<sup>[1-2]</sup>. Pengembangan produksi paduan Fe-Al secara komersial terbatas karena paduan ini memiliki kelemahan utama yaitu sifat keuletan yang rendah pada temperatur kamar dan kekuatan yang rendah di atas suhu 600<sup>0</sup>C<sup>[3-5]</sup>. Salah satu cara untuk memperbaiki sifat keuletannya ialah dengan cara pengurangan ukuran kristalit dan homogenisasi slip partikel<sup>[5]</sup>. Teknik pemaduan dengan bola giling merupakan salah satu cara untuk memperbaiki sifat paduan Fe-Al tersebut<sup>[4]</sup>. Teknik pemaduan mekanik akan menghasilkan material nanokristalin yang memiliki ukuran butir dalam skala nanometer sehingga akan memperbaiki sifat fisik dan sifat mekanis paduan<sup>[4-5]</sup>.

Pemaduan mekanik dengan menggunakan bola giling dapat diaplikasikan dalam memproduksi material dengan struktur nano dan dapat dipakai dalam skala industri. Teknik pemaduan mekanik ini menjadi proses pemaduan yang populer karena dilakukan pada suhu rendah sehingga akan menghasilkan biaya proses yang rendah<sup>[5]</sup>. Selain itu paduan Fe-Al ini memiliki berat jenis yang lebih rendah dari pada baja krom<sup>[4]</sup>. Oleh karena sifat-sifat yang unggul tersebut paduan Fe-Al

ini sangat cocok untuk aplikasi struktural dan pelapisan material pada suhu tinggi<sup>[4]</sup>.

Karena keunggulan sifat paduan Fe-Al tersebut maka pada penelitian ini akan dikembangkan penggunaan paduan Fe-Al untuk pelapis material baja dengan menggunakan metode pemaduan mekanik. Baja karbon digunakan sebagai bahan yang akan dilapisi karena merupakan material yang paling banyak digunakan dalam bidang rekayasa. Baja sering digunakan untuk berbagai aplikasi dalam dunia industri seperti pada industri perminyakan, pertambangan, industri otomotif dan lain-lain. Penggunaan baja karbon menduduki peringkat pertama dibandingkan dengan jenis material baja lainnya<sup>[6]</sup>. Selain harga bahan baku yang murah, proses yang cepat dan sederhana mengakibatkan harga baja karbon relatif murah. Akan tetapi ketahanan baja karbon terhadap korosi temperatur tinggi tidak terlalu bagus<sup>[2]</sup>. Baja karbon hanya bisa bertahan pada temperatur 600<sup>0</sup> C dan diatas suhu tersebut baja karbon akan mudah teroksidasi<sup>[2]</sup>. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dicoba fabrikasi paduan Fe-Al untuk menjadi pelapis untuk baja karbon tersebut agar memiliki usia pakai yang lebih lama.

Pada penelitian sebelumnya didapat bahwa hasil pemaduan dengan menggunakan metode pemaduan mekanik akan meningkatkan temperatur aplikasi dari paduan Fe-Al menjadi hampir dua kali lipat dibanding dengan pembuatan paduan secara konvensional<sup>[7]</sup>. Temperatur aplikasi hasil dari pembuatan paduan dengan metode teknik fabrikasi *melt spinning* ialah 200<sup>0</sup> C dan pada fabrikasi paduan dengan menggunakan pemaduan mekanik temperatur aplikasinya akan naik menjadi 800<sup>0</sup> C<sup>[7]</sup>. Beberapa metoda pelapisan senyawa intermetalik Fe-Al yang telah digunakan sebelumnya antara lain: *chemical vapor deposition* (CVD), *high velocity oxy-fuel* (HVOF) dan *thermal spray*<sup>[8-10]</sup>. Namun, metoda-metoda tersebut harus dilakukan pada lingkungan bertemperatur tinggi dan memerlukan waktu yang sangat lama. Namun pelapisan dilakukan pada suhu tinggi antara 400-1400<sup>0</sup> C dan kemungkinan terjadi segregasi sangat tinggi. Oleh karena itu pelapisan paduan Fe-Al pada suhu rendah dengan menggunakan metode pemaduan mekanik akan menjadi alternatif proses pelapisan paduan Fe-Al.

Penelitian tentang pembuatan paduan Fe-Al telah berhasil dibuat melalui berbagai variasi paduan serbuk Fe-Al dengan menggunakan pemaduan mekanik.

Q. Zeng telah berhasil membuat paduan FeAl pada kadar serbuk 40 % Al <sup>[11]</sup>, M. Krasnowski telah berhasil menjelaskan tentang mekanisme sintesa paduan Fe<sub>3</sub>Al pada kadar 50 % Al <sup>[12]</sup> dan K. Wolski telah berhasil menjelaskan pengaruh kondisi penggilingan pada pembentukan paduan Fe<sub>3</sub>Al pada kadar serbuk 30 % Al <sup>[13]</sup>. Penelitian-penelitian tersebut membuktikan bahwa paduan Fe-Al telah berhasil dibuat dengan metode pemaduan mekanik pada berbagai kadar Al.

Penelitian terakhir tentang pelapisan paduan Fe-Al pada baja karbon dengan menggunakan metode pemaduan mekanik telah dilakukan oleh pusat penelitian fisika LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia). Penelitian dilakukan dengan menggunakan mesin PBM (*Planetary Ball Mill*) dengan serbuk Al-Fe 25 % dan Al murni <sup>[14]</sup>. Dengan menggunakan serbuk aluminium murni, pelapisan tidak terjadi pada baja karbon sedangkan apabila menggunakan serbuk Al-25%Fe maka pelapisan Al<sub>2</sub>Fe<sub>5</sub> berhasil dibuat dan menempel pada baja karbon dengan waktu penggilingan 80 jam dan menghasilkan ketebalan rata-rata lapisan sebesar 250 μm <sup>[14]</sup>.

Pelapisan paduan Fe-Al pada baja dengan menggunakan metode pemaduan mekanik dengan mesin *High Energi Milling* belum pernah dilakukan. Dengan penggunaan mesin *High Energi Milling* diharapkan pembentukan lapisan akan menjadi cepat terbentuk. Pada penelitian ini akan dikembangkan tentang pembentukan pelapisan intermetalik Fe-Al tersebut pada berbagai variasi kadar serbuk Al. Penelitian ini akan berfokus pada karakteristik dan sifat mekanik lapisan yang didapat beserta mekanisme pembentukan lapisan yang terbentuk dengan variabel kadar Fe-30%at.Al, Fe-40%at.%Al, Fe-50%at.Al dan Fe-60%at.Al. Diharapkan pada penelitian ini ditemukan proses pelapisan yang optimal sehingga pelapisan dengan metode pemaduan mekanik dapat menjadi proses yang komersial.

## 1.2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah:

- 1) menyelidiki proses evolusi campuran serbuk Fe-Al selama proses pemaduan mekanik
- 2) menyelidiki pengaruh waktu penggilingan dan komposisi Al terhadap sifat fisik dan mekanik lapisan permukaan *substrate* baja karbon yang terbentuk dari campuran serbuk Fe-Al melalui metoda pemaduan mekanik
- 3) menyelidiki mekanisme pelapisan campuran serbuk Fe-Al pada permukaan *substrate* baja karbon melalui metoda pemaduan mekanik

## 1.3. RUANG LINGKUP

### 1.3.1 Material

- material substrat yang akan dilapisi terbuat dari baja karbon AISI 1045 berbentuk cakram dengan diameter 10 mm dan tebal 3 mm,
- material yang digunakan sebagai pelapis terdiri dari: serbuk besi (persentase Fe > 99%), serbuk aluminium (kemurnian Al > 90%)

### 1.3.2 Pembuatan Sampel

- proses penimbangan sampel serbuk Fe-Al dengan menggunakan timbangan digital yang telah dikalibrasi di Laboratorium Material Lanjut dan Nanoteknologi Pusat Penelitian Fisika Lembaga
- proses pembersihan bola giling dengan menggunakan alkohol dan mesin pembersih dengan getaran ultra sonic di Laboratorium Material Lanjut dan Nanoteknologi Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
- proses pengkondisian sampel dengan proses pengosongan udara dengan menggunakan alat vakum dan pemberian gas argon terhadap sampel
- proses pemaduan mekanik serbuk Fe-Al dengan *variabel* 30% Al, 40% Al, 50% Al dan 60% Al dilakukan dengan menggunakan *high energy milling - elips 3 dimentions* (HEM-E3D) buatan Laboratorium Material Lanjut dan Nanoteknologi Pusat Penelitian Fisika Lembaga

Ilmu Pengetahuan Indonesia yang terdapat di Laboratorium Material Lanjut dan Nanoteknologi Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia,

- pemotongan *substrate* hasil pepaduan mekanik dilakukan dengan menggunakan *low speed diamond saw* buatan Maruto Instrument Co. Ltd (Jepang) yang terdapat di Bengkel Mekanik Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia,

### 1.3.3 Pengujian

- pengujian kekerasan mikro dilakukan dengan menggunakan alat uji kekerasan *vickers* yang terdapat di Laboratorium Polimer Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia,
- analisis fasa dilakukan dengan menggunakan *x-ray diffraction* (XRD) yang terdapat di Laboratorium XRD Badan Teknologi Nuklir Nasional Puspitex Serpong
- analisis komposisi dan struktur mikro secara berurutan dilakukan dengan menggunakan energi *dispersive x-ray* (EDX) dan *scanning electron microscopy* (SEM) yang terdapat di Laboratorium SEM Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia,
- proses perlakuan panas dilakukan dengan menggunakan dapur yang terdapat di Laboratorium Metalografi dan HST Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia

#### 1.4. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan karya tulis penelitian ini tersusun dalam 5 bagian besar. Bagian pertama (bab. 1) merupakan bagian pendahuluan. Pada bagian ini akan dipaparkan tentang latar belakang penelitian termasuk didalamnya dasar memilih penelitian tentang pelapisan intermetalik Fe-Al pada substrat baja karbon. Selain itu pada bagian pertama ini juga terdapat paparan tentang tujuan penelitian serta batasan penelitian yang dilakukan. Bagian kedua dalam karya tulis ini (bab. 2) ialah studi literatur. Studi literatur yang dicantumkan berhubungan erat dengan prinsip-prinsip dasar yang berhubungan dengan proses pemaduan mekanik. Pada bagian ini juga dicantumkan literatur tentang mekanisme pelapisan intermetalik Fe-Al pada baja karbon. Keseluruhan literatur yang ditampilkan dikutip dari buku-buku literatur teknik, jurnal teknologi, sumber internet, serta catatan dan materi kuliah. Keseluruhan studi literatur yang ditampilkan ditujukan sebagai bahan rujukan dari analisa data yang akan diungkapkan pada bagian empat (bab. 4) karya tulis ini.

Bagian ketiga (bab. 3) karya tulis ini berisikan tentang metodologi penelitian. Pada bagian metodologi penelitian ini akan dipaparkan secara lebih terperinci alur penelitian yang dilakukan. Dimulai dari tahap preparasi sampel percobaan, penjelasan variabel pengujian yang dilakukan, pemaparan tentang proses pengambilan data pengujian,. Pemaparan pada bagian ketiga ini didukung pula dengan gambar / foto serta diagram alir guna mendukung pemaparan mengenai metodologi penelitian yang dilakukan. Bagian keempat (bab. 4) berisikan data / foto hasil penelitian serta analisa data / foto tersebut. Analisa yang dilakukan pada bagian ini didukung dengan literatur-literatur penunjang baik literatur yang tercantum pada bagian dua maupun literatur tambahan lainnya.

Bagian kelima (bab. 5) karya tulis ini diisi dengan kesimpulan dan saran. Kesimpulan yang dituliskan bersifat menjawab tujuan penelitian yang terdapat pada bagian satu.