

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pemadaman listrik yang dialami hampir setiap daerah saat ini disebabkan kekurangan pasokan listrik. Bila hal ini tidak mendapat perhatian khusus dan penanganan serius, maka krisis listrik bisa terjadi dalam 3-4 tahun ke depan. Kondisi ini bukan hanya kurang mendukung aktivitas masyarakat, tetapi juga dapat menurunkan daya saing industri dan menghambat pertumbuhan ekonomi nasional (PLN, 2015).

Saat ini total kapasitas terpasang di tingkat nasional sebesar 50.000 MW, yang dibangun PLN beserta swasta sejak PLN berdiri. Dengan memperhitungkan proyeksi pertumbuhan ekonomi 6-7% dalam 5 tahun ke depan dibutuhkan tambahan kapasitas listrik sebesar 35.000 MW atau 7.000 MW pertahun. Oleh karena itu, untuk menjamin kebutuhan listrik di Indonesia, Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral menetapkan KEPMEN ESDM 0074 K/21/MEM/2015 (tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero) 2015-2024).

Berdasarkan data statistik ketenagalistikan tahun 2015 yang diterbitkan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, menyatakan bahwa jenis pembangkit listrik yang paling banyak terpasang di Indonesia adalah pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). PLTU adalah pembangkit yang memanfaatkan energi kinetik dari uap untuk memutar turbin generator. Uap dihasilkan dari memanaskan air dengan panas dari hasil pembakaran batu bara. Komposisi kimia dari batu bara terdiri dari karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan sulfur (S) (Lowry, 1963). Proses pembakaran batu bara yang pada umumnya terjadi di dalam boiler pada PLTU merupakan reaksi sebagai berikut:



Menurut *main steam temperature* jenis-jenis PLTU terbagi menjadi 4 macam yaitu: *subcritical*, *supercritical*, *ultra-supercritical*, dan *advanced ultra-supercritical* (Hasler, 2009). Jenis PLTU yang diaplikasikan di Indonesia adalah *subcritical*, dan *supercritical*. Baja karbon rendah banyak diaplikasikan pada jenis PLTU tersebut, karena baja karbon rendah memiliki sifat mekanik yang tinggi, diantaranya adalah kekuatan, elastisitas, dan keuletan. Di masa yang akan datang pembangkit dituntut untuk meningkatkan daya yang dihasilkan, yaitu dengan meningkatkan temperatur fluida kerja. Akan tetapi dengan meningkatnya temperatur fluida kerja sangat berpotensi terjadi degradasi material yang disebabkan oleh oksidasi dan korosi yang dapat mengakibatkan kerusakan material seperti yang ditunjukkan pada pada Gambar. 1.1.



Gambar 1.1. Kerusakan material yang diakibatkan oksidasi (Bushman, 2002)

Pada umumnya, ada dua metode yang diaplikasikan untuk meningkatkan ketahanan oksidasi dan korosi pada baja dan paduannya yaitu *alloy enrichment* dan pelapisan (Sudiro, 2015). *Alloy enrichment* adalah pengkayaan suatu logam dengan satu unsur atau lebih. Pelapisan adalah mengendapkan suatu unsur atau senyawa pada permukaan material. Ketika digunakan untuk meningkatkan ketahanan oksidasi dan korosi, metode *alloy enrichment* mempengaruhi sifat mekanik paduan. Namun, metode pelapisan dapat meningkatkan ketahanan oksidasi dan korosi tanpa mempengaruhi sifat mekanik dari baja yang dilapis (Birks, 2006).

Beberapa teknik yang umumnya digunakan untuk melakukan proses

pelapisan pada permukaan material adalah *pack cementation*, *thermal spraying* dan *mechanical alloying*. *Pack cementation* dilakukan dengan cara mengadukkan campuran serbuk logam dan sebuah fluks pada temperatur tinggi untuk mendifusikan logam pada permukaan substrat. *Thermal spraying* merupakan salah satu teknik rekayasa permukaan, yaitu dengan mendepositkan unsur logam dalam bentuk *melting*, *semi melting*, atau padat ke substrat dan struktur mikro lapisan. *Mechanical alloying* adalah sebuah teknik pelarutan padat untuk mensintesis fasa tidak seimbang seperti amorf (non kristalin) atau senyawa metastabil larutan lewat jenuh. Pelarutan padat dilakukan untuk menambah kekuatan suatu material.

Prinsip kerja dari *mechanical alloying* adalah substrat dengan serbuk dimasukkan bersamaan ke dalam suatu wadah (Romankov, 2008). Keunggulan dari *mechanical alloying* adalah serbuk pelapis dengan substrat ditempatkan dalam suatu wadah penggilingan dipadu dengan cara dikenai benturan bola-bola berenergi tinggi. Teknik ini akan menghasilkan material nanokristalin yang memiliki butir dalam skala nanometer sehingga akan memperbaiki sifat fisik dan sifat mekanik paduan. *Mechanical alloying* menjadi proses pemaduan yang populer karena dilakukan pada suhu rendah sehingga akan menghasilkan biaya proses yang rendah (Shi, 2007). Ada beberapa jenis alat penggilingan bola yang dapat digunakan untuk melakukan proses *mechanical alloying*, antara lain *tumbler mill*, *planetary ball mill*, dan *shaker mill*. Penelitian ini menggunakan “*shaker mill*” karena sistem ini 30 kali lebih cepat dari jenis *tumbler mill*, 3-6 kali lebih cepat dibanding *planetary ball mill* (Wismogroho, 2014).

Pemilihan material pelapis merupakan faktor yang sangat penting dalam proses pelapisan. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa lapisan Fe-Al dapat meningkatkan ketahanan oksidasi dari baja karbon rendah (Didik, 2016). Selain itu sistem lapisan yang tersusun atas paduan Al-Mn dapat meningkatkan ketahanan korosi (Chen, 2012). Material pelapis yang digunakan pada penelitian ini adalah ferro (Fe), manganese (Mn), dan aluminium (Al). Penggunaan Fe bertujuan untuk mendapatkan struktur yang homogen, membuat *interface* antara substrat dengan lapisan menjadi lebih kuat karena *element* utama dari substrat adalah Fe. Penggunaan Mn bertujuan untuk membentuk lapisan yang tahan terhadap oksidasi

temperatur tinggi karena Mn memiliki *melting point* yang tinggi. Penggunaan Al bertujuan sebagai reservoir atau pembentuk lapisan. Selain itu Al dapat membentuk lapisan alumina (Al_2O_3) yang memiliki ketahanan korosi yang baik (Canakci, 2013). Mn memiliki *melting point* mencapai 2040°C (Patnaik, 2003). Pada penelitian ini Mn diambil dari *ferro alloy* dikarenakan ketersediannya banyak dengan harga lebih ekonomis dibanding Mn *high purity*. Selain itu juga dilakukan variasi *heat treatment* yang bertujuan untuk mendapatkan lapisan Fe-Mn-Al dengan baja karbon rendah menjadi lebih homogen. Secara umum proses *heat treatment* dapat memperbaiki struktur mikro suatu material dan dapat mempengaruhi sifat mekanik material (Jasim, 2013).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan di atas, maka dirumuskan permasalahan berikut:

1. Bagaimana pembentukan lapisan Fe-Mn-Al pada baja karbon rendah?
2. Bagaimana komposisi fasa lapisan yang terbentuk sebelum dan sesudah *heat treatment*?
3. Bagaimana struktur mikro lapisan Fe-Mn-Al sebelum dan sesudah *heat treatment*?
4. Bagaimana kekerasan lapisan Fe-Mn-Al pada baja karbon rendah?
5. Bagaimana ketahanan oksidasi lapisan Fe-Mn-Al pada baja karbon rendah sebelum dan sesudah *heat treatment*?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini terbatas pada:

1. Substrat yang digunakan adalah baja karbon rendah.
2. Komposisi serbuk pelapis yang digunakan adalah 13.8Fe-53.2Mn-Al, 33.6Fe-33.6Mn-Al, 53.2Fe-13.8Mn-Al (at%).
3. Metode pelapisan menggunakan teknik *mechanical alloying*.
4. Proses pelapisan menggunakan alat *Shaker Mill* PPF-UG.
5. Waktu milling 4 jam dengan *oscillation frequency* 700 rpm.
6. Rasio perbandingan serbuk dengan *ball mill* adalah 1 : 10 dengan massa

serbuk 7.5 gram.

7. *Heat treatment* dilakukan pada temperatur 700°C menggunakan alat *Vacuum Furnace* (XD-1400 VF) selama 1 jam pada tekanan *vacuum* 6.75×10^{-4} Torr.
8. Identifikasi fasa lapisan yang terbentuk menggunakan *X-Ray Diffraction* (SmartLab Rigaku).
9. Analisa fasa lapisan yang terbentuk menggunakan *software* PDXL.
10. Analisa penampang *cross section* menggunakan *Optical Microscope* (Best Scope).
11. Pengamatan struktur mikro, ketebalan dan komposisi lapisan yang terbentuk menggunakan *Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-ray* (SEM Hitachi SU 3500-EDX).
12. Pengujian kekerasan lapisan yang terbentuk menggunakan *Automatic Microhardness* (Leco Microhardness Tester LM 100AT).
13. Pengujian laju oksidasi menggunakan alat *Muffle Furnace* pada temperatur udara 800°C. Selama 8 *cyclic* dengan waktu 20 jam/*cyclic*.

1.4. Tujuan Penelitian

Secara umum tujuan penelitian ini adalah:

1. Mempelajari pembentukan lapisan Fe-Mn-Al pada baja karbon rendah.
2. Menganalisis komposisi fasa lapisan yang terbentuk sebelum dan sesudah *heat treatment*.
3. Mengkarakterisasi struktur mikro lapisan Fe-Mn-Al sebelum dan sesudah *heat treatment*.
4. Mengukur kekerasan lapisan Fe-Mn-Al pada baja karbon rendah.
5. Mengukur laju oksidasi lapisan Fe-Mn-Al pada baja karbon rendah sebelum dan sesudah *heat treatment*.

1.5. Manfaat Penelitian

Disamping tujuan penelitian seperti yang diuraikan di atas, penelitian ini

1. Menghasilkan data penelitian tentang pengaruh komposisi Fe-Mn-Al dan *heat treatment* terhadap struktur mikro, kekerasan, dan ketahanan oksidasi lapisan.
2. Mengetahui komposisi lapisan Fe-Mn-Al yang optimum sehingga dapat dijadikan acuan untuk optimalisasi selanjutnya.