

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring meningkatnya pembangunan di bidang teknologi, industri dan informasi maka kebutuhan energi di Indonesia juga semakin meningkat (Sandi *et al.*, 2021). Berdasarkan data statistik nasional pembangkit listrik yang banyak digunakan dengan kapasitas produksi yang relatif besar dan harga bahan baku yang terjangkau adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pada sistem produksi PLTU terdapat beberapa bagian penting diantaranya yaitu *boiler*, turbin dan generator (Pamungkas & Irawan, 2020).

Boiler adalah jenis bejana bertekanan yang digunakan untuk menghasilkan uap untuk pembangkit listrik atau memanaskan air. Adapun bahan bakar non-fosil maupun fosil digunakan sebagai energi dalam *boiler*. Selanjutnya oksigen bergabung dengan komponen bahan bakar, karbon dan hidrogen untuk menghasilkan gas pembakaran dan panas selama proses pembakaran. Pada saat beroperasi suhu uap jenuh meningkat secara tajam dan efisiensi produksi energi ditingkatkan apabila uap dipanaskan dengan *boiler*. Sebagai upaya meningkatkan efisiensi termal, dalam beberapa tahun terakhir ini disarankan untuk menaikkan suhu uap mencapai 800°C dengan menggunakan *boiler* (K.Zhang *et al.*, 2017).

Baja karbon rendah banyak diaplikasikan dalam bidang industri dengan kekuatan yang tinggi sehingga dapat digunakan pada pembangkit listrik dan peralatan pengolahan logam yang memerlukan perlakuan jangka panjang terhadap lingkungan korosif (Awarnina Singh *et al.*, 2020). ASTM A516 merupakan baja karbon rendah yang banyak diaplikasikan pada tabung dan pembangkit listrik yaitu *boiler* dengan suhu operasi yang tinggi menyebabkan komponen ini mudah teroksidasi (Yetri, 2021). Kerak atau *internal scale* yang disebabkan oleh reaksi antara uap air dan oksida besi

pembentuk pipa menyebabkan perubahan nilai kekerasan pada permukaan lokasi *boiler*. Model kegagalan pada *boiler* adalah *creep* yang disebabkan oleh pengoperasian pada suhu dan tekanan tinggi (*overheating*) untuk jangka waktu yang lama. Hal ini diikuti dengan pelunakan (*annealing*) yang menyebabkan erosi oleh fluida di dalam pipa sehingga pipa menipis dan tidak mampu menangani beban kerja dan gagal (Chudhoifah *et al.*, 2020).

Maka penelitian ini dilakukan sebagai upaya peningkatan efisiensi dan fleksibilitas pada pengoperasian aplikasi *boiler* dengan meningkatkan tekanan uap dan suhu (K. Zhang *et al.*, 2013). Oleh karena itu ketahanan oksidasi dan erosi pada baja dapat ditingkatkan dengan membentuk lapisan oksida pelindung melalui proses pelapisan logam. Substrat berbasis besi, kromium dan nikel ketika diterapkan aluminium sebagai lapisan pelindung di atasnya maka dapat meningkatkan masa pakai material tersebut di lingkungan bersuhu tinggi (Triani *et al.*, 2020).

Beberapa metode deposisi seperti *electroplating*, *physical vapor deposition* (PVD), *pack cementation* dan *chemical vapor deposition* (CVD) dapat digunakan untuk memproduksi lapisan aluminium tetapi metode-metode tersebut sangat mahal dan memiliki beberapa keterbatasan. Sehingga diusulkan menggunakan pelapisan aluminium melalui proses *slurry* karena lebih mudah, biaya rendah dan fleksibel. *Slurry coating* adalah suspensi partikel baik itu terdiri dari material logam atau keramik dalam suatu sistem pengikat-pelarut (Nguyen *et al.*, 2018), dalam proses pembuatannya terdapat beberapa parameter yang perlu diperhatikan, diantaranya yaitu komposisi dari komponen aktif yang disebut sebagai *load agent* dan rasio komposisi material dari larutan pengikat yang disebut *binder*.

Aluminium adalah elemen logam paling banyak kedua di bumi dan telah berkembang menjadi pesaing besar untuk aplikasi teknik sejak akhir abad ke-19. Logam ini banyak dirninati oleh para peneliti karena sifatnya yang ringan, konduktif dan tahan terhadap korosi dengan afinitas kuat terhadap oksigen (Capuzzi & Timelli, 2018).

Selain itu, untuk melindungi peralatan dari kondisi buruk perlu meningkatkan daya tahan dengan diberikan pelapis keramik pada logam dengan titik leleh rendah, seperti tembaga dan aluminium. Logam ini sering digunakan sebagai peralatan pendingin suhu tinggi dan tahan terhadap lingkungan yang ekstrim selama pengoperasian. Oleh karena itu, perlu dilakukan pembuatan pelapis keramik pada logam dengan titik leleh rendah. Bahan pengikat yang digunakan untuk pembuatan pelapis keramik umumnya anorganik, termasuk Na_2SiO_3 (Z. Zhang *et al.*, 2022). Adapun PVA adalah polimer termoplastik yang larut dalam air, menunjukkan fleksibilitas baik dan cepat kering (LeBeau & Boonyongmaneerat, 2007).

Pada penelitian ini dilakukan proses pelapisan dengan metode *slurry coating* yang diawali dengan melakukan studi mengenai komposisi *slurry* diantaranya yaitu melakukan variasi pada komponen pengikat atau *binder* (A Nugroho and A S. Redjeki, 2013). Sementara itu, bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan hasil sintesa dari penelitian sebelumnya yang menggunakan *slurry* komersial, berdasarkan hasil uji *XRF* dan *FTIR* diketahui unsur-unsur penyusunnya terdiri dari Zr, Cr, Al, Si, K dan O. Berdasarkan penelitian sebelumnya banyak sekali yang menggunakan *binder* PVA maupun Na_2SiO_3 namun belum ada penelitian yang membandingkan bagaimana mikrostruktur dan ketahanan terhadap erosi dari kedua variasi tersebut. Sehingga pada penelitian ini akan membandingkan hasil pelapisan *slurry* dengan bahan pengikat yang digunakan yaitu PVA dilarutkan dengan aquades (LeBeau & Boonyongmaneerat, 2007) dan akan di variasikan dengan *slurry* dengan bahan pengikatnya yaitu Na_2SiO_3 (Z. Zhang *et al.*, 2022).

Slurry dideposisi pada substrat baja karbon A516 dan diberi perlakuan panas yang bertujuan untuk homogenisasi lapisan dan membentuk oksida. Kemudian dilakukan pengujian oksidasi selama 20 jam pada suhu $800\text{ }^\circ\text{C}$ bertujuan untuk membentuk skala oksida yang kemudian akan dilakukan pengujian erosi. Hasil dari penelitian ini untuk mengetahui

pengaruh *binder* pada lapisan *slurry* melalui data perubahan massa, morfologi, kontur permukaan dan identifikasi senyawa serta fasa yang dapat memberikan informasi mengenai ketahanan erosi pada sampel tersebut.

B. Batasan Masalah

1. Substrat yang digunakan pada penelitian ini yaitu baja karbon A516.
2. Material yang digunakan untuk pelapisan terdiri dari serbuk *aluminium* (Al), *chromium* (Cr), *zirconium oxide* (ZrO_2), dan *silicon* (Si) sebagai *load agent*.
3. Material yang digunakan sebagai *binder* yaitu *polyvinil alcohol* (PVA) dan *sodium silicate* (Na_2SiO_3).
4. Pengujian viskositas menggunakan *rotational viscometer* dengan mode manual selama 30 detik pada *slurry* dengan variasi *binder*.
5. Metode pelapisan yang digunakan pada penelitian ini adalah *slurry coating* suhu *heat treatment* yaitu 1000 °C dengan waktu tahan 30 menit di dalam *vacuum furnace*.
6. Pengamatan morfologi permukaan dan identifikasi senyawa pada penampang melintang sampel menggunakan SEM-EDS.
7. Identifikasi dan analisis fasa menggunakan XRD.
8. Melakukan pengujian oksidasi pada suhu 800 °C menggunakan *muffle furnace*.
9. Melakukan pengujian erosi dengan standart ASTM G211-14 menggunakan *pressure control valve*.

C. Rumusan Masalah

1. Bagaimana viskositas *slurry* yang digunakan untuk lapisan suhu tinggi?
2. Bagaimana mikrostruktur lapisan *slurry* dengan variasi *binder*?
3. Bagaimana ketahanan erosi sampel *slurry coating*?
4. Bagaimana morfologi permukaan dan penampang melintang dari sampel *slurry coating* setelah proses uji erosi?

D. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh *binder* terhadap hasil viskositas *slurry*.
2. Menentukan mikrostruktur lapisan *slurry* dengan variasi *binder*.
3. Menentukan ketahanan erosi pada sampel *slurry coating*.
4. Menentukan morfologi permukaan dan penampang melintang dari sampel *slurry coating* setelah proses uji erosi.

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis
 - a. Sebagai edukasi dalam bidang ilmu pengetahuan terkait pengembangan pelapisan terhadap material yang beroperasi pada suhu tinggi.
 - b. Memberikan informasi terkait metode pelapisan yang digunakan untuk memperpanjang masa pakai suatu alat atau material pada komponen *boiler*.
 - c. Penelitian ini dapat dijadikan studi literatur untuk penelitian selanjutnya.
2. Manfaat Praktis
 - a. Memberikan informasi terkait bahan-bahan dan material yang digunakan sebagai pelapisan suhu tinggi.
 - b. Memperoleh komposisi *slurry* yang baik dan optimal untuk diuji dan dikarakterisasi.
 - c. Mengetahui ketahanan erosi *slurry coating* pada suatu material yang akan dijadikan sebagai lapisan pelindung komponen *boiler* yang beroperasi pada suhu dan tekanan tinggi.