

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan cadangan nikel terbesar kedua di dunia, dengan total cadangan mencapai 5,33 miliar ton [1]. Ketersediaan cadangan nikel yang melimpah ini menjadi peluang bagi Indonesia untuk memanfaatkannya melalui program hilirisasi, guna meningkatkan nilai tambah nikel hingga sekitar USD 35,6 [2,3]. Salah satu perusahaan yang memiliki peran dalam pengelolaan dan pengolahan nikel di Indonesia adalah PT Vale Indonesia atau yang dikenal dulu sebagai PT INCO. PT Vale Indonesia memulai eksplorasi pertama pada tahun 1920-an dan mendirikan Perusahaan dengan nama PT International Nickel Indonesia (INCO) pada Juli 1968. Pada tahun 1977 pabrik pengolahan nikel pertama dijalankan oleh PT Vale Indonesia [4].

Dalam pengolahan nikel PT Vale Indonesia menggunakan metode pirometalurgi atau *pyrometallurgy*. Pirometalurgi merupakan cara ekstraksi atau pemurnian logam dengan temperatur tinggi [5]. Rangkaian proses pirometalurgi PT Vale Indonesia terdiri dari lima tahapan utama seperti pengeringan material di *dryer*, kalsinasi dan reduksi di *kiln*, peleburan di *electric arc furnace*, pemurnian di *converter*, dan diakhiri dengan proses granulasi untuk mencetak produk menjadi granul [6]. Dari seluruh tahapan tersebut, *electric arc furnace* merupakan unit paling kritis karena beroperasi pada temperatur ekstrem dan menjadi pusat proses peleburan nikel [6].

Kondisi operasi *furnace* yang ekstrem menuntut penggunaan material yang mampu bertahan terhadap temperatur tinggi serta beban mekanik yang berat. Salah satu komponen yang sering mengalami kegagalan adalah *wear plate*, yaitu *sacrificial plate* pada *cover block* yang berfungsi melindungi *cover block* dan *copper cooler* dari paparan langsung *nickel matte* selama proses *tapping*.

Berdasarkan data lapangan PT Vale Indonesia Tbk, umur pakai *wear plate* tergolong sangat rendah, yaitu hanya 1–2 hari *tapping* dengan frekuensi hingga empat kali *tapping* per hari, bahkan pada kondisi tertentu hanya bertahan 1–2 kali *tapping*. Tingginya frekuensi penggantian ini berdampak pada peningkatan biaya perawatan serta penurunan keandalan operasi *furnace*.

Hasil investigasi menunjukkan bahwa material *wear plate* yang digunakan saat ini adalah tembaga ASTM B152 dengan titik leleh sekitar 1083 °C [7], sedangkan temperature *nickel matte* berada pada kisaran 1300–1600 °C. Perbedaan temperature yang signifikan tersebut menyebabkan degradasi sifat mekanik, pelelehan lokal, serta keausan yang cepat sehingga memicu kegagalan dini material.

Selain beban termal, *wear plate* juga menerima beban kejut akibat proses *oxygen lancing* dalam membuka *matte tapping hole*. Proses *oxygen lancing* dilakukan dengan menginjeksikan oksigen bertekanan tinggi untuk menghancurkan clay atau slag yang membeku pada lubang *tapping*. Secara mekanika, jet oksigen berkecepatan tinggi menghasilkan tekanan dinamis akibat perubahan momentum fluida saat menumbuk permukaan padat, sehingga fenomena ini dapat dikategorikan sebagai *fluid-induced impact loading*. Beban tersebut terjadi secara tiba-tiba, berdurasi singkat, dan berulang, sehingga berpotensi menimbulkan konsentrasi tegangan dan inisiasi retak pada material [8].

Sebagai peningkatan performa, PT Vale Indonesia Tbk berencana mengganti material *wear plate* dengan *Sintered Silicon Carbide* (SiC) yang memiliki ketahanan temperatur tinggi, kekerasan, serta ketahanan aus yang baik. Namun demikian, SiC memiliki sifat getas terhadap pembebanan kejut [9]. Oleh karena itu, diperlukan analisis terhadap respons *impact* yang dihasilkan dari proses *oxygen lancing* pada *wear plate* berbahan SiC sebelum diterapkan pada kondisi operasi *furnace*.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji perilaku mekanik material berbasis Silicon Carbide terhadap pembebanan kejut dan temperatur tinggi. Penelitian oleh Tu *et al.* menunjukkan bahwa peningkatan energi *impact* pada komposit SiC/SiC memicu retak matriks, delaminasi, dan degradasi kekuatan material [10]. Wang *et al.* melaporkan bahwa kerusakan akibat *pre-impact* secara signifikan menurunkan kekuatan tekan komposit C/SiC pada temperatur hingga 1200 °C[11]. Studi numerik oleh Muhammad *et al.* menunjukkan bahwa peningkatan intensitas *impact* menyebabkan kenaikan distribusi tegangan maksimum dan percepatan propagasi retak pada material SiC. Sementara itu[12], Yashiro *et al.* menemukan bahwa peningkatan temperatur hingga 1000 °C menyebabkan oksidasi antarmuka serat–matriks yang menurunkan ketahanan

impact dan meningkatkan sifat getas material[13]. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi aktual *furnace* peleburan nikel pada temperatur 1300–1600 °C dengan pembebanan kejut berulang akibat *oxygen lancing*, serta masih menggunakan model pelat polos tanpa mempertimbangkan geometri aktual *wear plate*.

Oleh karena itu, penelitian yang sudah ada belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi operasi aktual *furnace* peleburan nikel yang bekerja pada temperatur tinggi sebesar 1300–1600 °C serta mengalami pembebanan kejut berulang akibat proses *oxygen lancing* dengan tekanan hingga 260 psi. Selain itu, kajian khusus mengenai *respon impact wear plate electric arc furnace* berbahan *Silicon Carbide* sebagai alternatif pengganti material tembaga masih sangat terbatas. Dengan demikian, diperlukan penelitian lebih lanjut melalui pendekatan simulasi numerik untuk memahami *respon impact* dan mekanisme kerusakan material secara lebih komprehensif.

Pengujian eksperimental secara langsung pada kondisi aktual *furnace* memiliki keterbatasan karena temperatur operasi yang sangat tinggi, keselamatan kerja, biaya yang besar, serta sulitnya melakukan pengukuran distribusi tegangan dan *respon* dinamis secara detail pada komponen yang sedang beroperasi. Selain itu, variasi tekanan *lancing* hingga 260 psi dan pembebanan berulang dalam waktu singkat menyulitkan replikasi kondisi secara presisi di laboratorium. Oleh sebab itu, pendekatan simulasi numerik menjadi alternatif yang efektif untuk memodelkan distribusi tegangan, *respon* dinamis, serta potensi inisiasi kerusakan material akibat variasi tekanan *lancing* pada kondisi temperatur tinggi. Simulasi numerik memungkinkan evaluasi berbagai temperatur pembebanan secara sistematis, efisien, dan aman tanpa mengganggu operasi *furnace* secara langsung.

Berdasarkan uraian masalah maka diadakanlah penelitian ini yang diberi judul “Analisis Pengaruh Variasi Tekanan Lancing Terhadap Respons Mekanik dan Kerusakan *Wear Plate Sintered Silicon Carbide* Pada *Electric Arc Furnace* Menggunakan Simulasi Numerik”. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *respon wear plate* terhadap pengaruh variasi beban kejut berbahan *Sintered Silicon Carbide* melalui simulasi numerik, sebagai dasar evaluasi kelayakan material

tersebut sebagai pengganti *wear plate* tembaga pada Smelter PT Vale Indonesia Tbk.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh variasi tekanan *lancing* terhadap respons mekanik dan kerusakan *wear plate* berbahan *Sintered Silicon Carbide* (SSiC) pada *electric arc furnace* berdasarkan hasil simulasi numerik?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi tekanan *lancing* terhadap respons mekanik dan kerusakan *wear plate* berbahan *Sintered Silicon Carbide* (SSiC) pada *electric arc furnace* berdasarkan hasil simulasi numerik.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- Sebagai kontribusi ilmiah berupa pemahaman mengenai pengaruh temperatur tinggi dan beban kejut terhadap sifat mekanis material *Sintered Silicon Carbide* (SSiC), khususnya pada aplikasi *electric arc furnace* industri pirometalurgi.
- Sebagai dasar pertimbangan teknis dalam pemilihan dan pengembangan material *wear plate furnace* yang lebih andal, sehingga dapat meningkatkan umur pakai komponen, menurunkan frekuensi penggantian, serta mendukung efisiensi operasi Smelter PT Vale Indonesia Tbk.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

- Material yang dianalisis dalam penelitian ini adalah *Sintered Silicon Carbide* (SSiC) sebagai kandidat pengganti *wear plate* tembaga ASTM B152.
- Analisis dilakukan menggunakan metode simulasi numerik.
- Variasi temperatur yang digunakan berada pada kisaran 1500, 1600, dan 1800 °C, sesuai dengan temperatur operasi *electric arc furnace* peleburan nikel.
- Beban yang dianalisis berupa beban kejut (*impact load*) yang merepresentasikan kondisi saat proses *lancing* di *tapping hole*.
- Parameter mekanis yang dianalisis meliputi tegangan, regangan, dan deformasi total.

- f. Penelitian tidak membahas reaksi kimia antara *nickel matte* dengan material *wear plate*.
- g. Pengujian eksperimental secara langsung tidak dilakukan, penelitian dibatasi pada hasil simulasi numerik.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan laporan penelitian adalah:

- a. BAB I Pendahuluan menjelaskan mengenai latar belakang, tujuan, manfaat, batasan masalah dan sistematika penulisan.
- b. BAB II Tinjauan Pustaka menjelaskan tentang teori dasar yang menjadi acuan penulisan laporan.
- c. BAB III Metodologi menjelaskan mengenai diagram alir penelitian, prosedur penelitian, peralatan dan bahan serta asumsi-asumsi yang digunakan.
- d. BAB IV Hasil dan Pembahasan menjelaskan hasil yang didapat dari penelitian yang dilakukan serta analisisnya.
- e. BAB V Penutup berisikan kesimpulan yang dapat ditarik dan saran untuk penelitian selanjutnya agar lebih baik.

