

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri otomotif adalah salah satu bagian utama dalam perekonomian dunia yang akan terus meningkat dengan persaingan yang ketat. Pasca pandemi COVID-19, sektor manufaktur Indonesia menunjukkan pemulihan kuat dengan nilai *output* mencapai US\$240 miliar pada 2022, menempatkannya di peringkat ke-12 dunia. Pada 2023, sektor ini tumbuh 4,64% dan berkontribusi sekitar 20% terhadap PDB nasional sebesar US\$1,371 triliun [1]. Di sisi lain, Indonesia menjadi pasar mobil terbesar di ASEAN, menguasai sekitar sepertiga penjualan regional, dengan total penjualan kendaraan roda empat atau lebih mencapai 1.005.802 unit pada 2023, didukung oleh populasi 258 juta jiwa dan kelas menengah yang berkembang [2]. Selain itu, sektor otomotif termasuk dalam lima bidang manufaktur utama yang saat ini mendapat prioritas pengembangan dari pemerintah. Langkah ini bertujuan untuk mendorong industri otomotif nasional menjadi pelopor dalam penerapan Revolusi Industri 4.0, sebagaimana diarahkan dalam program pemerintah bertajuk *Making Indonesia 4.0* [2].

Agar bisa bersaing, industri otomotif wajib secara terus menerus mencari metode baru yang dapat meningkatkan kualitas produk mereka, termasuk komponen-komponen otomotif [3]. Salah satu masalah yang selalu dialami dalam pembuatan komponen otomotif yaitu cacat cetakan yang dapat menyebabkan penyusutan kualitas serta kinerja produk. Cacat pada cetakan seperti porositas, ketidakseragaman butiran, serta retakan dapat menimbulkan komponen otomotif lebih rentan terhadap kegagalan mekanik [4], dimana dapat menimbulkan kerusakan ataupun kecelakaan pada kendaraan setiap saat. Cacat-cacat yang terjadi ini dapat muncul dikarenakan oleh bermacam hal. Kesalahan tersebut bisa terjadi pada proses percetakan, pergantian temperatur, ataupun keausan perlengkapan cetak. Ketidaktepatan ini selalu sulit untuk dideteksi secara visual disebabkan ukurannya yang sangat halus dan tidak dapat dilihat secara langsung oleh mata. Cacat yang terjadi bisa terjadi kapan saja dan tanpa kita sadari dapat mengintai dalam komponen otomotif. Cacat yang terjadi berpotensi menjadi titik kelemahan yang dapat mempengaruhi kinerja serta keamanan kendaraan [3]. Agar mengurangi

cacat yang disebabkan pada saat proses produksi maka diperlukan unsur *grain refiner* dalam unsur paduan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan salah satunya untuk mengurangi cacat pada produksi yang didapat pada proses produksi.



Gambar 1. 1. Komponen *gearbox housing*.

Pada Gambar 1.1 di atas adalah contoh hasil penggunaan pada paduan aluminium yang banyak dipakai pada kendaraan seperti *gearbox housing*, selain itu banyak digunakan pada pembuatan komponen otomotif seperti pesawat terbang yang menggunakan paduan Aluminium Silikon [5]. Penggunaan paduan aluminium ini bisa menghemat berat kurang lebih 50% dibandingkan dengan besi dan sejenisnya dikarenakan kepadatannya yang relatif rendah. Diperkirakan 20% dari total produksi aluminium di dunia diubah menjadi komponen cor dan sekitar 70% dari seluruh produksi aluminium digunakan pada industri transportasi, termasuk otomotif [6]. Namun, selama ini penggunaan paduan aluminium sering menggunakan aluminium sekunder atau biasa disebut dengan aluminium sekrap. Aluminium sekunder ini merupakan bahan daur ulang yang biasa berasal dari beberapa sumber seperti Gambar 1.2 di bawah ini. Biasanya sumber utama aluminium sekunder ini ditemukan dari beberapa industri manufaktur dan dari lingkungan sehari-hari. Masalah inilah yang sering dihadapi pada industri pembuatan komponen otomotif dimana untuk mendapatkan material aluminium harus yang bebas dari unsur pengotor pada aluminium sekunder. Untuk material aluminium yang bebas unsur pengotor biayanya relatif mahal dikarenakan perlunya tahapan pemurnian terlebih dahulu. Unsur pengotor yang sering terdapat pada aluminium sekunder merupakan unsur besi (Fe) yang mana dapat berpotensi adanya cacat coran selama produksi. Adanya unsur Fe dalam paduan aluminium, terutama yang berasal dari aluminium sekunder, sering menyebabkan terbentuknya fasa intermetalik seperti β -AlFeSi. Fasa ini dapat menurunkan sifat mekanik dan fluiditas

paduan, yang berakibat pada peningkatan risiko cacat seperti porositas, retakan, dan ketidakseragaman struktur mikro pada produk hasil pengecoran. Cacat-cacat ini dapat mempengaruhi kualitas, kekuatan, dan umur pakai komponen otomotif yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian mengenai pengaruh kadar Fe dan cara mitigasinya, seperti melalui penambahan *grain refiner* Al-5TiB, menjadi penting untuk meningkatkan kualitas paduan Al-7Si [7]. Terlepas dari itu, penggunaan aluminium bekas seperti pada Gambar 1.2 selalu akan menjadi bagian terpenting dari perkembangan yang berkelanjutan.



Gambar 1. 2. Limbah komponen otomotif yang terbuat dari Aluminium.

Adanya unsur Fe atau besi yang terlarut pada paduan aluminium akan mengakibatkan fasa intermetalik pada paduan aluminium silikon. Fasa intermetalik yang dalam jumlah banyak sangat tidak menguntungkan dikarenakan dapat membuat menurunnya sifat mampu cor dan juga sifat mekanis pada material dan juga menyebabkan cacar pada paduan aluminium tersebut. Salah satu pencegahan agar mengantisipasi kerugian yang disebabkan adanya kandungan Fe berlebih di dalam aluminium adalah dengan menggunakan proses modifikasi.

Agar memperbaiki sifat mekanik dari penggunaan aluminium sekunder pada pengecoran, maka digunakan *grain refinement* (penghalus butir). Pengaruh *grain refinement* pada pengecoran yang menggunakan aluminium sekunder untuk pembuatan komponen otomotif adalah salah satu aspek yang harus dicermati karena dapat mempengaruhi sifat mekanik pada material, yaitu kekuatan, ketangguhan, dan juga ketahanan terhadap keletihan. Penambahan *grain refiner* Al-5TiB dapat signifikan mempengaruhi struktur mikro pada paduan Al-7Si dimana membantu pembentukan butiran halus dan mengubah pola pertumbuhan butir pada paduan tersebut. Beberapa penelitian telah menunjukkan perubahan pada struktur mikro

yang dapat dihasilkan oleh penambahan *grain refiner* Al-5TiB pada paduan Al-7Si [8]. Dengan mengetahui pengaruh yang pas dari penghalusan butiran, produsen industri bisa memaksimalkan proses pembuatan komponen otomotif yang lebih baik serta bertahan lama.

Penambahan pada *grain refiner* Al-5TiB pada paduan Al-7Si memiliki pengaruh yang positif terhadap fluiditas paduan Al-7Si dengan mengurangi viskositas serta meningkatkan kemampuan aliran dalam proses pengecoran [9]. Di samping itu, penambahan ini nantinya akan mengingatkan sifat mekanik pada paduan Al-7Si, termasuk kekerasan. Namun penambahan Al-5TiB juga menyebabkan pembentukan fasa intermetalik yang tidak diinginkan dalam struktur mikro paduan yang akan mempengaruhi sifat material secara negatif. Dengan demikian, akan ada sebuah hubungan yang kompleks antara jumlah Al-5TiB yang ditambahkan dan juga perubahan dalam fluiditas, kekerasan, dan pembentukan fasa intermetalik dalam paduan Al-7Si [10].

1.2. Perumusan Masalah

Penggunaan paduan pengecoran aluminium selama ini didapatkan dari sekrap aluminium dimana tingkat daur ulangnya telah mencapai 85% [11]. Kerugian utama dari paduan aluminium sekunder yakni adanya sedikit jumlah pengotor yang terdapat dari berbagai komposisi kimia lain jika dibandingkan dengan paduan aluminium primer. Karakteristik ini adalah konsekuensi dari efek daur ulang itu sendiri dan hal ini dapat menimbulkan efek negatif pada sifat mekanik dan kualitas komponen di akhir.

Dari uraian latar belakang di atas, penambahan *grain refiner* Al-5TiB terhadap fluiditas paduan Al-7Si dapat dipengaruhi dari beberapa faktor, termasuk konsentrasi Al-5TiB yang digunakan kondisi pemrosesan dan komposisi awal paduan Al-7Si. Tapi secara umum, penambahan *grain refiner* Al-5TiB juga dapat meningkatkan fluiditas paduan Al-7Si dengan cara merangsang pertumbuhan butir agar lebih halus. Butiran yang halus juga dapat memungkinkan paduan agar mengalir lebih mudah selama proses pengecoran [12]. Penambahan *grain refiner* Al-5TiB juga dapat meningkatkan sifat mekanik pada paduan Al-7Si dimana penambahan tersebut dapat mempengaruhi struktur mikro paduan yang dapat meningkatkan kekerasan sehingga pada akhirnya dapat memperbaiki sifat mekaniknya [13]. *Grain refiner* juga dapat memperkecil ukuran butir dan jarak lengan-lengan butir. Perubahan struktur mikro

terutama dalam kasus fasa intermetalik dapat mempengaruhi sifat mekanik dan fluiditas paduan yang sangat signifikan. Struktur mikro yang baik atau memodifikasi fasa intermetalik dapat meningkatkan sifat mekanik dan fluiditas paduan tersebut [14].

Meskipun telah ada beberapa penelitian tentang penambahan *grain refiner* dan efek unsur pengotor, hubungan sinergis antara kadar Fe dan variasi tambahan Al-5TiB dalam memperbaiki kualitas penguatan aluminium paduan masih belum dipahami secara menyeluruh, maka dari penelitian ini dilakukan pengujian terpisah yang memungkinkan untuk memantau secara spesifik bagaimana penambahan Fe dan Al-5TiB dapat memengaruhi fluiditas, kekerasan, dan struktur mikro. Ini membantu mengidentifikasi apakah perubahan yang terjadi disebabkan oleh satu variabel tertentu atau interaksi antar variabel. Peningkatan suhu *superheat* yang lebih tinggi hingga 720°C akan menjadi pembaharuan dari penelitian ini [15]. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan nilai laju fluiditas, kekerasan, dan struktur mikro.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan untuk meneliti besar pengaruh unsur pengotor besi (Fe) dan *grain refiner* terhadap Al-7Si. Ada pun beberapa tujuan khusus penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui serta mendapatkan penambahan optimal yang diizinkan dari unsur Fe dan *grain refiner* Al-5TiB terhadap fluiditas dan kekerasan paduan Al-7Si.
2. Mengetahui dan menganalisis pengaruh penambahan unsur Fe dan *grain refiner* Al-5TiB terhadap morfologi mikro struktur paduan Al-7Si.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini antara lain:

1. Meningkatkan efisiensi proses pengecoran Al-7Si yang mana dengan mengetahui batas penambahan Fe dan Al-5TiB yang diizinkan agar fluiditas paduan tetap optimal, industri pengecoran dapat meminimalkan cacat seperti porositas dan *cold-shut*. Hasilnya menjadi pedoman praktis untuk mengatur kadar unsur pengotor dan *grain refiner* dalam lelehan, sehingga proses produksi lebih konsisten dan hemat waktu.
2. Meningkatkan kinerja mekanik paduan Al-7Si dengan penentuan “*sweet spot*” kadar Fe dan Al-5TiB untuk mencapai kekerasan maksimum tanpa

mengorbankan keuletan akan membantu merancang komponen otomotif dan transportasi yang lebih tahan aus dan beban mekanik. Rekomendasi kadar optimal ini juga dapat diterapkan pada berbagai industri lain yang memanfaatkan paduan Al-7Si [16], [17].

3. Optimasi kontrol morfologi mikro struktur dan fasa intermetalik dengan menetapkan batas penambahan Fe dan Al-5TiB yang menjaga struktur mikro tetap homogen, variabilitas produk dan limbah material dapat ditekan. Hal ini mendukung penghematan biaya bahan baku serta pengurangan pemborosan sumber daya dalam proses pengecoran [18].

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini antara lain:

1. Pengamatan secara terpisah dari pengaruh tambahan unsur Fe dengan *grain refiner* Al-5TiB terhadap pengujian fluiditas metode cetakan spiral dan pengujian kekerasan *vickers* pada paduan aluminium Al-7Si.
2. Pengamatan dan menganalisa struktur mikro, terutama fasa intermetalik yang terbentuk pada paduan Al-7Si dengan menggunakan *Optical Microscope* dan XRD (*X-Ray Diffraction*).

1.6. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian ini yaitu:

1. Penambahan unsur Fe pada paduan Al-7Si pada jumlah persentase sebesar 1,2%; 1,4%; 1,6%; dan 1,8% pada paduan Al-7Si.
2. Penambahan *grain refiner* (Al-5TiB) sebesar 0,3 %; 0,35 %; 0,4 %; dan juga 0,45 % pada paduan Al-7Si.
3. Parameter temperatur penuangan 720°C dimana pada setiap pengujian dilakukan minimal 2 kali pengambilan data dengan berat masing-masing variabel sebesar 300 gr.

1.7. Sistematika Penulisan

Secara garis besar penulisan laporan penelitian ini terdiri dari 3 Bab, yaitu: Bab I Pendahuluan, menjelaskan tentang alasan yang mendasari penelitian dan tujuan yang akan dicapai dalam penelitian. Bab II Tinjauan Pustaka, pada bagian ini menjabarkan teori-teori yang berkaitan pada penelitian yang akan dilakukan. Bab III Metodologi Penelitian, menguraikan apa-apa saja metode yang dilakukan dalam pembuatan sampel dan pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil yang

dibutuhkan pada penelitian. Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN menjelaskan tentang hasil dari pengujian yang telah dilakukan. Dan yang terakhir Bab V PENUTUP berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

