

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan dunia pada era globalisasi dan pesatnya pertumbuhan negara-negara berkembang menyebabkan sektor industri kembali bergairah, ditandai dengan semakin banyaknya industri yang turut ambil bagian dalam perkembangan tersebut, tidak terkecuali pada industri otomotif dan transportasi. Pertumbuhan industri transportasi dan otomotif di Indonesia mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Pada tahun 1998, pasar otomotif mengalami kejatuhan yang luar biasa dengan daya serap hanya 58.303 unit. Namun 10 tahun kemudian (tahun 2008) tumbuh menjadi 607.805 unit^[1]. Pertumbuhan ini jauh melebihi pertumbuhan total industri manufaktur (4,7%) dan produk domestik bruto (6,3%). Kontribusi industri otomotif mencapai 8,2% terhadap produk domestik bruto yang merupakan kontributor terbesar untuk kategori industri manufaktur yang mencapai 27,4%^[2]. Hal itulah yang menempatkan industri otomotif sebagai satu dari tiga industri yang diharapkan menjadi pendorong pertumbuhan industri nasional dan perekonomian Indonesia. Para pelaku industri terutama industri otomotif senantiasa berupaya meningkatkan produktifitas dan efisiensi guna mendukung dan mencapai pertumbuhan yang dipersyaratkan. Akan tetapi pengembangan kendaraan bermotor atau industri otomotif pada umumnya mengalami berbagai kendala diantaranya belum seluruhnya industri pendukung seperti bahan baku dan komponen dibuat didalam negeri. Industri kendaraan bermotor baik roda dua maupun roda empat harus didukung oleh industri dalam negeri, sehingga tidak ada lagi komponen dan bahan baku import dari luar^[2]. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan melakukan suatu perubahan terhadap bahan baku suatu komponen. Perubahan yang dapat dilakukan industri otomotif adalah dengan mengganti material yang digunakan. Material tersebut harus memiliki persyaratan yang memadai seperti biaya lebih murah, ringan namun memiliki kualitas yang baik/unggul. Dengan berkembangnya teknologi material persyaratan tersebut mampu dipenuhi oleh

material komposit yaitu *Alumunium-Metal Matrix Composites* (A-MMCs). Material komposit (A-MMCs) yang digunakan untuk produk otomotif, akan mampu mengurangi bobot namun memiliki kekuatan yang lebih baik, sehingga performa produk otomotif tersebut menjadi lebih baik dan hemat bahan bakar minyak (BBM), selain itu juga biaya produksi lebih rendah karena volume bahan baku yang digunakan lebih sedikit. A-MMCs memiliki densitas yang lebih rendah, tahan korosi, kekuatan dan elastisitas lebih baik^[3]. Selain itu juga A-MMCs memiliki sifat *tailorability*, sehingga sifat mekanik yang diinginkan dapat diatur tergantung dari kombinasi matrik, penguat dan *interface*. Keunggulan inilah yang menjadi fokus perhatian utama para peneliti untuk menjadikan A-MMCs sebagai bahan pengganti material konvensional.

Pada tahun 2004, lebih dari 3,5 juta Kg bahan AMCs telah digunakan pada berbagai industri terutama industri transportasi, penerbangan, elektronik, otomotif dan olah raga. Penggunaan AMCs tersebut dari tahun ke tahun akan terus meningkat cepat dengan laju pertumbuhan pertahun mencapai 6%^[4]. Di beberapa negara baik asia maupun eropa, AMCs telah banyak digunakan secara komersial pada komponen mesin seperti *piston, connecting rod, brake system (brake rotor dan brake drum), cylinder liner dan valves*^[5]. Karakteristik yang harus dimiliki komponen tersebut dapat dipenuhi oleh AMCs. Sebagai contoh untuk komponen piston dalam aplikasinya mengalami beban dinamis baik mekanik maupun termal, temperatur pada *piston dome* mencapai 300°C. Piston mengalami beban dinamis hingga mencapai frekuensi sekitar 100 Hz^[6]. Sehingga diperlukan sifat ketahanan fatik yang baik dan merupakan persyaratan utama dari komponen tersebut. Sifat lain yang harus dimiliki adalah kestabilan dimensi, ketahanan aus dan *coefisien thermal expansion* (CTE). Selain itu juga konduktivitas panas harus tinggi guna mengurangi temperatur dan tegangan termal^[6]. Pada komponen sistem pengereman seperti *brake rotor dan brake drum*, memerlukan sifat tahan aus dan konduktivitas panas tinggi. Dengan menggunakan bahan A-MMCs persyaratan tersebut dapat dipenuhi dan dapat mengurangi berat komponen hingga 50-60% dibanding bahan besi tuang^[6,7]. Keuntungan lain dari AMCs untuk *brake rotor* adalah mengurangi *brake noise* dan keausan serta menghasilkan gesekan yang lebih seragam.

1.2. Perumusan Masalah

Proses pembuatan komposit Al/Al₂O_{3p} dilakukan menggunakan metode *stir casting*. Umumnya proses *stir casting* memiliki beberapa keunggulan seperti proses relatif mudah dan murah, serta mudah mengendalikan atau mengatur parameter proses casting sehingga akan dihasilkan karakteristik mekanik sesuai yang diharapkan. Akan tetapi didalam proses pembuatannya akan dihadapkan oleh beberapa kendala diantaranya adalah faktor sifat mampu basah Al yang kurang baik dan distribusi partikel Al₂O₃ yang kurang homogen akibat penggumpalan partikel dan perbedaan berat jenis Al₂O₃ dengan Al^[8]. Untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukan penelitian Fabrikasi Komposit Al/Al₂O₃ dengan variasi fraksi volum partikel Al₂O₃. Sebelum dilakukan proses casting, terlebih dahulu partikel Al₂O₃ dimodifikasi permukaannya dengan pelapisan logam Magnesium. Proses pelapisan logam Mg pada permukaan partikel Al₂O₃ dilakukan dengan metode *electroless plating*. Menurut Zainuri et.al^[9], pelapisan dengan metal oksida pada partikel penguat dilakukan akan terbentuk fasa spinel MgAl₂O₄ dan MgO. Pelapisan logam Mg pada partikel Al₂O₃ yang disertai oksidasi pada suhu 400°C akan menghasilkan senyawa baru pada interface yaitu spinel MgAl₂O₄ dan MgO. Kedua senyawa tersebut dapat meningkatkan *wettability* Al terhadap partikel Al₂O₃ dan juga tegangan permukaan sehingga akan dihasilkan Komposit Al/Al₂O₃ dengan sifat optimum.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sbb :

1. Membuat komposit Al/Al₂O₃ dengan distribusi partikel yang homogen dan interface matrik – penguat yang baik.
2. Menganalisis korelasi antara fraksi volum partikel Al₂O₃ dengan karakteristik mekanik seperti sifat kekerasan, kekuatan dan ketahanan aus.
3. Mempelajari pengaruh fraksi volume partikel Al₂O₃ terhadap perubahan mikrostruktur terutama diameter butir matrik padual AC8H.
4. Mempelajari pengaruh fraksi volume partikel Al₂O₃ terhadap peningkatan *peak aging* akibat perlakuan panas T6

1.4. Hipotesis

Perkembangan teknologi material telah melahirkan suatu material jenis baru yang dibuat dari gabungan dua atau lebih bahan yang berbeda. Untuk memenuhi kebutuhan produk/komponen yang handal, banyak material-material baru yang dikembangkan saat ini mempunyai sifat ringan dan juga sifat mekanis yang tinggi, seperti kekuatan (*strength*), kekakuan (*stiffness*), kekerasan (*hardness*), tahan aus serta tahan panas yang tinggi pula^[3]. Material yang memenuhi persyaratan tersebut adalah Aluminium - Metal Matrix Composite (A-MMCs). Jenis komposit ini telah banyak diteliti dan dikembangkan diberbagai negara termasuk Indonesia. Bahkan telah banyak digunakan secara komersial oleh beberapa industri diantaranya adalah industri transportasi, otomotif, penerbangan dan elektronik.

Pembuatan A-MMCs dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu melalui fasa cair dan metalurgi serbuk. Salah satu metode pembuatan komposit melalui fasa cair adalah stir casting. Termasuk komposit Al/Al₂O₃ banyak dibuat dengan metode stir casting. Proses ini didasarkan atas penggabungan bahan berupa partikel penguat yang dimasukkan kedalam logam cair (*molten metal*). Penambahan partikel penguat kedalam logam cair dilakukan setelah logam cair diaduk dengan batang pengaduk sampai logam cair membentuk pusaran (*vortex*). Bahan penguat dapat terdispersi merata oleh adanya gaya pengadukan secara mekanik yang menyebabkan partikel padatan terperangkap dalam logam cair^[10,11]. Fabrikasi A-MMCs dengan *stir casting* memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah biaya relatif lebih murah, dan dapat membuat benda cor dengan dimensi dan bentuk kompleks menggunakan cetakan logam dan pasir^[12]. Pada metode *stir casting*, pengadukan bertujuan untuk mendispersikan partikel Al₂O₃ dalam matrik hingga dihasilkan distribusi partikel yang homogen. Namun dalam dalam proses fabrikasinya terdapat beberapa kendala diantaranya adalah dihasilkan distribusi partikel penguat yang kurang homogen dan *wettability* dari aluminium yang kurang baik terhadap alumina. Partikel alumina mudah menggumpal dan mengendap pada bagian bawah karena densitas yang lebih tinggi dibanding matrik Aluminium. Beberapa penelitian terkait telah dilakukan dalam upaya meningkatkan karakteristik komposit secara umum. Fokus utama para

peneliti adalah untuk menghasilkan distribusi partikel penguat dan meningkatkan *wettability* aluminium terhadap partikel penguat dalam proses *stir casting*. G.B. Veeresh Kumar^[13] melaporkan bahwa dicapai distribusi partikel Al_2O_3 yang homogen pada penambahan partikel Al_2O_3 hingga 6%. Sifat mekanik seperti kekerasan dan kekuatan tarik meningkat dengan adanya partikel penguat Al_2O_3 . G. Straffelini et.al^[14] meneliti pengaruh fraksi volume partikel Al_2O_3 terhadap perilaku ketahanan aus dan kekerasan matrik tipe Al 6061. Disimpulkan bahwa kekerasan matrik akibat penambahan partikel Al_2O_3 hingga 20% berpengaruh besar terhadap ketahanan aus komposit Al/ Al_2O_3 . Untuk meningkatkan dan memperbaiki sifat-sifat komposit maka Hasyim^[8] meneliti pembuatan AMCs dengan modifikasi *stir casting*. Proses *stir casting* dilakukan pada fasa *semi solid* guna meningkatkan *wettability* dan memperoleh struktur matrik lebih halus. Dengan metode tersebut diperoleh distribusi partikel lebih homogen dan sifat mekanik meningkat karena ukuran butir kecil. Sementara itu Lyod^[15] menyatakan bahwa faktor yang berperan mempengaruhi modulus elastisitas adalah fraksi volume. Fraksi volume meningkat maka kekuatan tarik dan kekuatan luluh meningkat juga, sementara keuletan dan *fracture toughness* menurun. Perilaku yang sama juga diperlihatkan pada penelitian Arsenault^[16], menunjukkan bahwa seiring dengan peningkatan fraksi volume akan menghasilkan densitas dislokasi lebih tinggi dan ukuran butir serta sub-butir menjadi lebih kecil sehingga kekuatannya juga menjadi lebih tinggi. Karakteristik mekanis komposit lebih tinggi dibanding material monolitiknya, meskipun perubahan kenaikan kekuatan tarik tidak terlalu signifikan dengan adanya peningkatan fraksi volume penguat^[17].

Aluminium murni mempunyai sifat mampu basah (*wetability*) yang kurang baik terhadap hampir semua material keramik termasuk terhadap partikel Al_2O_3 . Oleh karena itu dilakukan penelitian ini guna menghasilkan komposit Al/ Al_2O_3 dengan karakteristik yang handal/optimum. Salah satu cara untuk meningkatkan karakteristik mekanik komposit Al/ Al_2O_3 adalah dengan menambahkan magnesium dalam paduan Al atau menggunakan matrik paduan aluminium yang mengandung Mg relatif tinggi. Selain itu juga dapat dilakukan cara lain untuk meningkatkan kemampuan basahan antara matrik dengan penguat yaitu dengan cara pelapisan permukaan partikel penguat M. Zainuri et.al^[9] melaporkan bahwa

pelapisan dengan metal oksida pada partikel penguat dilakukan agar terbentuk fasa spinel $MgAl_2O_4$ dan mencegah terbentuknya fasa *brittle* Al_4C_3 .

Pada penelitian ini akan dilakukan fabrikasi komposit Al/ Al_2O_3 (p) dengan variasi fraksi volume yaitu dari 2; 9; 12,5; 18 dan 22,5% menggunakan metode *stir casting*. Bahan partikel Al_2O_3 terlebih dahulu dilakukan perlakuan permukaan yaitu pelapisan oksida logam guna meningkatkan *wettability* paduan aluminium. Metode pelapisan yang dilakukan pada permukaan partikel penguat adalah metode *electroless plating* dengan menggunakan ionik Al dan Mg dalam larutan HNO_3 dengan kadar Mg 0,1 gram. Diharapkan dengan dilakukannya proses pelapisan akan terbentuk oksida logam seperti MgO dan fasa spinel $MgAl_2O_4$ yang dapat meningkatkan kemampu basahan dan mencegah pembentukan fasa *brittle* Al_4C_3 sehingga sifat mekanis material meningkat. Metode fabrikasi komposit Al/ Al_2O_3 dengan metode *stir casting* ini diharapkan distribusi partikel alumina homogen dan *wettability* yang baik pada interface matrik dan penguat partikel alumina akan tercapai. Sehingga pada akhirnya akan diperoleh sifat mekanik yang tinggi sesuai dengan persyaratan yang ditentukan sebagai bahan pengganti.

1.5. Batasan Masalah

Pada penelitian ini akan dilakukan sintesa komposit Al/ Al_2O_3 dengan penambahan partikel Al_2O_3 yang berbeda. Penambahan partikel Al_2O_3 dari 2; 9; 12,5; 18 dan 22,5%vol akan berpengaruh terhadap karakteristik mekaniknya. Pada penambahan (fraksi volume) berapa akan menghasilkan komposit dengan karakteristik terbaik/optimum. Untuk itu perlu dilakukan batasan masalah atau ruang lingkup guna memperoleh hasil sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Adapun ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Material / Bahan

Material yang digunakan sebagai matrik adalah paduan Aluminium AC8H yang diperoleh dari PT.X. Material AC8H ini digunakan dalam bentuk ingot dan merupakan salah satu bahan baku komponen piston kendaraan roda dua. Sedangkan untuk bahan penguatnya adalah partikel Al_2O_3 (97,1%) dengan ukuran sekitar 220 mesh.

2. Parameter Proses

Proses pembentukan komposit Al/Al₂O₃ menggunakan metode *stir casting* dengan parameter proses seperti kecepatan pengadukan, dan waktu pengadukan dibuat tetap. Adapun parameter proses casting seperti *metal treatment*, temperatur tuang, metode penuangan dan temperatur dies atau cetakan dibuat tetap, disesuaikan dengan parameter proses produksi di PT.X tersebut. Untuk mengurangi cacat casting seperti *gas hole*, *pin hole* dan cacat casting lainnya akibat gas maka dilakukan proses *Gases Bubble Filtration* (GBF) menggunakan gas Argon UHP sebelum penambahan partikel Al₂O₃ maupun selama proses pengadukan berlangsung. Untuk proses penuangan atau pencetakan dilakukan menggunakan metode *gravity casting* dengan temperatur tuang sekitar 700°C dan temperatur cetakan sekitar 350 - 400°C. Setelah pencetakan, selanjutnya sampel komposit dengan fraksi volume 2; 9; 12,5; 18 dan 22,5%vol dilakukan proses *heat treatment* yaitu *artificial aging* (T6). Adapun tahapan proses T6 yang dilakukan adalah *solution treatment* pada suhu 510°C selama 1,5 jam dan *quenching* dalam media air pada suhu 50-70°C selama 10 menit, lalu dilanjutkan dengan proses *artificial aging* pada suhu 230°C dengan waktu 1, 3, 5 dan 7 jam untuk sampel A4 dan A5, sedangkan untuk sampel A0, A1, A2, A3, A4 dan A5 dilakukan aging dengan waktu 3 jam pada suhu yang sama.