

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara yang berdaulat diartikan sebagai negara yang mempunyai kekuasaan tertinggi (*supreme authority*) atas wilayah teritori yang dimiliki. Kedaulatan suatu negara memberikan legitimasi yang kuat atas kekuasaan tertinggi adalah mencakup wilayah darat, wilayah laut, dan wilayah udara. Khusus untuk wilayah udara merupakan suatu ruang udara yang berada di atas wilayah daratan dan perairan (Setiani, 2018). Wilayah udara memiliki ciri khas tersendiri yang membedakan dengan kepemilikan wilayah darat dan wilayah laut. Kepemilikan wilayah udara sangat membutuhkan penguasaan teknologi kedirgantaraan yang mumpuni agar negara dapat menguasai wilayah udaranya dengan optimal (Lestari, 2015). Pemanfaatan teknologi kedirgantaraan merupakan hal yang potensial untuk memperoleh keuntungan strategis, utamanya terkait dengan pertahanan dan keamanan nasional.

Berbicara tentang pertahanan keamanan nasional pada wilayah udara, Tentara Nasional Indonesia Angkatan Udara (TNI AU) yang bertindak sebagai aparat pertahanan keamanan negara pada wilayah udara. TNI AU adalah komponen utama negara yang bertanggung jawab menjaga matra udara seutuhnya. Dalam mengemban misi strategis ini, TNI AU dilengkapi dengan alat utama sistem senjata (alutsista) yang merupakan wahana pendukung yang dimiliki TNI AU untuk melaksanakan tugas pokoknya. Sebagaimana yang tercantum pada Permenhan No. 4 Tahun 2019 tentang Pelaksanaan Laporan Data Alat Utama Sistem Senjata Tentara Nasional Indonesia bahwa pada pasal 7 disebutkan data alutsista TNI Markas Besar Angkatan Udara meliputi salah satunya adalah wahana pesawat yang terdiri atas pesawat tempur, pesawat angkut berat, pesawat angkut ringan,

pesawat intai strategis, helikopter, pesawat latih, pesawat terbang tanpa awak, dan pesawat komando dan pengendalian.

Alutsista TNI AU yang didominasi wahana pesawat salah satunya adalah pesawat angkut berat yang memiliki nama pesawat hercules dengan tipe C-130 produksi dari perusahaan pesawat terkemuka dunia Lockheed Inc. Hercules C-130 sangat berperan dalam berbagai operasi militer baik dalam situasi perang maupun situasi tidak dalam perang, yakni salah satunya penanggulangan bencana di tanah air. Pada gempa bumi dan likuifaksi Palu, Sulawesi Tengah pada 2018 silam, tercatat sebanyak 7(tujuh) Hercules C-130H milik Skadron 32 Landasan udara Abdurachman Saleh di Malang Provinsi Jawa Timur menjalankan misi kemanusiaan dan penanganan bencana, dengan melayani penerbangan antar dua pangkalan, yakni Lanud Hasanudin, Makassar, Sulawesi Selatan dengan Lanud Dember, Balikpapan, Kalimantan Timur. Dalam menjalankan misinya, pesawat angkut berat ini mengangkut logistik bantuan sosial berupa makanan dan minuman menuju daerah terdampak bencana. Pada saat kembali dari lokasi bencana pesawat angkut berat ini mengangkut pengungsi yang sudah disiapkan dan dimobilisasi oleh satgas yang bertugas. Adapun pesawat angkut berat C-130H Hercules ini adalah menggunakan teknologi penggerak berupa mesin jet jenis turboprop. Mesin jet sendiri merupakan suatu mesin yang memiliki bagian-bagian yang saling berhubungan dalam satu poros meliputi fan, kompresor, ruang bakar, turbin dan *nozzel* (*Components of Jet Engines*, n.d.) Bagian-bagian tersebut kemudian dikenal sebagai komponen utama yang senantiasa berada dalam kondisi ekstrim yakni temperatur tinggi pada saat mesin jet bekerja pada kecepatan maksimum. Diawali dengan fan yang berfungsi sebagai kompresor bertekanan rendah yang kemudian menghisap udara dari luar dan dialirkan masuk ke dalam mesin. Adapun udara tersebut dilakukan proses pemampatan oleh kompresor tekanan tinggi yang menyebabkan kenaikan tekanan dan temperatur udaranya. Selanjutnya udara dengan tekanan dan suhu tinggi ini akan masuk ke dalam ruang bakar yang

kemudian dicampurkan dengan bahan bakar yang diinjeksi dan terjadilah proses pembakaran. Nilai temperatur mencapai  $1700^{\circ}\text{C}$  adalah hasil dari proses pembakaran ini bersama dengan energi yang juga besar (Martínez et al., 2011). Gas dari hasil proses yang terjadi di ruang bakar ini selanjutnya digunakan untuk menggerakkan turbin, dimana temperatur udara yang memasuki turbin berkisar diantara  $1500^{\circ}\text{C}$  dengan temperatur keluaran dari turbin menurun hingga  $900^{\circ}\text{C}$  (Spittle, 2003). Beban panas yang diterima turbin pada saat beroperasi pada temperatur yang tinggi menjadi suatu kondisi ekstrim tersendiri bagi komponen yang ada pada turbin yakni bilah turbin sehingga rentan akan terjadinya kerusakan berupa oksidasi korosi (. et al., 2013). Dalam pesawat angkut berat C-130H Hercules yang merupakan armada misi kemanusiaan dan penanganan bencana ini menggunakan mesin bertipe Allison T56-A-15 turboprops, yang memiliki *Turbine Inlet Temperatur* (TIT) pada kisaran  $1095^{\circ}\text{C}$  (Gale, 1982), dimana teknologi yang digunakan dalam mengantisipasi atas kondisi ekstrim tersebut yakni dengan mengaplikasikan tipe material *superalloy* yang merupakan solusi daya tahan terhadap temperatur yang sangat tinggi tersebut ("Superalloys for Gas Turbine Engines," 2012). Diketahui guna meningkatkan sifat ketahanan dan umur pakai bilah turbin maka digunakanlah material *superalloy* berbasis nikel yang memiliki sifat oksidasi yang baik namun kecenderungan korosi atau sulfidasi resistensi yang relatif lemah (Uzunonat et al., 2013). Disamping itu material *superalloy* berbasis nikel ini dibatasi oleh titik lelehnya yang berada pada kisaran  $1280^{\circ}\text{C}$  ("Superalloys for Gas Turbine Engines," 2012).

Di lain sisi, pengurangan pencemaran lingkungan terus menjadi fokus pada masa kini. Trend global *Go-Green* dengan tujuan meminimalkan pencemaran lingkungan sangat gencar dikampanyekan utamanya dalam media udara (Matsunoshita et al., 2016). Dalam hal ini pembakaran dengan temperatur tinggi dapat meningkatkan efisiensi mesin sehingga diperlukan komponen mesin yang terbuat dari bahan dengan temperatur leleh yang lebih tinggi agar dapat mendukung tercapainya efisiensi mesin dengan

optimal. Bilah turbin yang terbuat dari bahan dasar tahan korosi dan oksidasi pada temperatur tinggi diharapkan dapat dioperasikan pada temperatur yang optimal dan memberi efek konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan akan jauh berkurang sehingga selanjutnya akan menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> yang lebih rendah (Matsunoshita et al., 2016). Material *molibdenum disilicide* yakni intermetalik Mo dan Si menjadi MoSi<sub>2</sub> memiliki densitas kurang lebih 6.31 g/cm<sup>3</sup>, merupakan material yang cukup menjanjikan karena memiliki karakteristik titik leleh yang tinggi yakni mencapai 2030°C dan ketahanan oksidasi yang sangat baik (*Synthesis of Molybdenum Disilicide Composites Using In-Situ Reactions*, n.d.). Ketahanan oksidasi yang sangat baik ini hendak ditingkatkan lagi guna mendukung kinerja komponen yang berada dalam lingkungan operasi yang cukup tinggi korosif dan oksidatif, sehingga adanya suatu lapisan pelindung oksidasi yang diharapkan sekaligus juga yang memiliki sifat material lebih ringan dari yang sudah ada saat ini. Adalah unsur Aluminium yang memiliki densitas cukup rendah yakni 2.70 g/cm<sup>3</sup> dan memiliki kemampuan untuk membentuk lapisan pelindung oksidasi yaitu Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sehingga diharapkan dapat memberikan ketahanan dalam lingkungan korosif dan oksidatif (Ohashi & Harada, 1996). Berangkat dari keadaan tersebut maka dilakukan suatu pengembangan material lebih lanjut yakni melalui proses pemaduan.

Pemaduan adalah cara lain untuk meningkatkan ketangguhan terhadap korosi dan oksidasi, melalui penambahan elemen paduan, mengubah komposisi fase komponen dan mengendalikan sifat mekanik (Qin et al., 2019). Adapun paduan yang dimaksudkan dapat dihasilkan dengan teknik *Spark Plasma Sintering (SPS)* yakni teknik sintering yang melibatkan penggunaan tekanan uniaxial dan arus dengan intensitas tinggi dan tegangan rendah. SPS merupakan teknologi yang memungkinkan melakukan sintering dan densifikasi yang cepat, utamanya untuk bahan yang dianggap sulit dilakukan sinter dengan teknik sintering konvensional, diantaranya bahan untuk aplikasi temperatur tinggi, fase metastabil dan bahan berstruktur nano (Anselmi-Tamburini, 2021). Keunggulan teknik *SPS*

digunakan pada penelitian ini guna pengembangan material dasar tahan oksidasi yang memiliki titik leleh yang tinggi.. SPS dipilih sebagai teknik yang digunakan dalam penelitian ini karena prosesnya yang sangat cepat dibandingkan dengan teknik sintering yang lain, durasi keseluruhan proses hanya memakan 5 – 20 menit proses pemanasan atau sinter dimulai dari permukaan partikel bubuk dimana temperatur rata-rata yang terpantau dari bahan padatan relatif lebih rendah dibandingkan dengan proses sintering konvensional (Tokita, 2013). Alat SPS sendiri relatif mudah dalam pengoperasiannya dengan efisiensi energi yang tinggi, sehingga sangat optimal dalam pemanfaatannya baik dari segi waktu, sumber tenaga dan produk yang dihasilkan.

Pengembangan material  $\text{MoSi}_2$  dilakukan melalui penambahan unsur Al dengan menggunakan teknik *SPS* sehingga diharapkan menjadi suatu material kandidat yang digunakan pada bilah turbin pesawat jenis turboprop guna menanggulangi kegagalan yang kerap terjadi saat beroperasi pada temperatur tinggi. Peningkatan sifat mekanik, ketahanan oksidasi pada temperatur tinggi serta sifat material yang lebih ringan adalah hasil yang diharapkan atas pengembangan material berbasis Mo, Si, dan Al pada penelitian yang dilakukan.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berangkat dari isu lingkungan *go green* dimana sangat erat kaitannya dengan efisien suatu mesin pesawat, yakni semakin tinggi temperatur pembakaran suatu mesin maka akan semakin efisien dan minim emisi bahan bakarnya. Seiring dengan peningkatan temperatur pembakaran tersebut maka akan berpengaruh terhadap material yang digunakan dalam komponen dari mesin, dimana salah satu bagian komponen mesin yang paling rentan terhadap peningkatan temperatur adalah bilah turbin pesawat. Sehingga perlu adanya suatu pengembangan material baru untuk bilah turbin pesawat yang kuat secara sifat mekanik dan tahan oksidasi. Adapun

dalam pengembangan material baru sangat bergantung oleh beberapa faktor diantaranya adalah komposisi bahan baku, teknik fabrikasi, dan kondisi lingkungan aplikasinya. Sehingga pada penelitian ini dilakukan modifikasi komposisi  $\text{MoSi}_2$  dengan penambahan Al dengan metode teknik *Spark Plasma Sintering (SPS)* agar mendapatkan peningkatan sifat mekanik dan ketahanan oksidasi, serta tahan terhadap temperatur tinggi dan dengan sifat material yang lebih ringan dalam rangka mendukung industri pertahanan nasional.

### 1.3 Pembatasan Masalah

Penelitian pengembangan material berbasis Mo, Si dan Al untuk aplikasi bilah turbin pesawat jenis turboprop guna mendukung industri pertahanan nasional memiliki pembatasan masalah yang meliputi :

- a. Penelitian ini bersifat study fundamental untuk mempelajari karakteristik material yang terdiri dari evaluasi phase dan mikrostruktur, densitas material, kekerasan dan ketahanan oksidasi pada temperature tinggi
- b. Bahan yang digunakan adalah bahan komersial  $\text{MoSi}_2$  dan Al
- c. Proses pencampuran serbuk dilakukan dengan teknik pemaduan mekanik secara basah
- d. Proses sintesa paduan logam dilakukan dengan teknik *spark plasma sintering (SPS)*
- e. Pengujian oksidasi temperature tinggi dilakukan pada temperature  $1100^\circ\text{C}$
- f. Merupakan penelitian fundamental material yang ditujukan untuk aplikasi pada bilah turbin pesawat jenis turboprop

### 1.4 Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain :

- a. Bagaimana mensintesa paduan logam  $\text{MoSi}_2$  dengan variasi konsentrasi Al dengan teknik *spark plasma sintering (SPS)*

- b. Bagaimana efek konsentrasi Al terhadap komposisi fase, mikrostruktur, densitas, kekerasan dan ketahanan oksidasi temperature paduan logam MoSi<sub>2</sub>
- c. Apa komposisi terbaik yang direkomendasikan untuk aplikasi bilah turbin pesawat jenis turboprop

### **1.5 Tujuan Penelitian**

Dalam penelitian pengembangan material berbasis Mo-Si-Al dengan teknik spark plasma sintering untuk aplikasi bilah turbin pesawat jenis turboprop ini hendak mencapai tujuan penelitian yaitu :

- a. Menganalisis proses *SPS*, densitas, kekerasan dan perilaku oksidasi yang optimal untuk mendapatkan peningkatan sifat mekanik dan ketahanan terhadap temperatur tinggi serta dengan sifat material yang lebih ringan pada material penyusun komposit MoSi<sub>2</sub> dengan unsur Al.
- b. Menganalisis komposisi proporsi paduan MoSi<sub>2</sub> dengan unsur Al yang optimum untuk mendapatkan peningkatan sifat mekanik dan ketahanan oksidasi, serta tahan terhadap temperatur tinggi dan dengan sifat material yang lebih ringan
- c. Menganalisis komposisi terbaik yang direkomendasikan untuk aplikasi bilah turbin pesawat jenis turboprop

### **1.6 Manfaat Penelitian**

#### **1.6.1 Manfaat Teoritis**

Manfaat secara teoritis dari penelitian ini di harapkan dapat sebagai kontribusi sekaligus menjadi referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya terkait karakteristik strategis suatu material komposit dengan proses metalurgi serbuk sehingga tercipta inovasi di bidang pertahanan, khususnya dalam pengembangan material alutsista.

### **1.6.2 Manfaat Praktis**

Manfaat secara praktis diharapkan dapat menghasilkan material core komposit  $\text{MoSi}_2$  dengan unsur Al dengan proses metalurgi serbuk *SPS*.