

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pressure vessel berperan penting dalam berbagai industri, termasuk penyimpanan dan transportasi cairan berbahaya atau fluida bertekanan. Namun, desain yang tidak tepat dan pembuatan *pressure vessel* ini dapat menyebabkan kejadian berbahaya seperti ledakan dan kebocoran, yang menghadirkan resiko besar bagi kehidupan manusia dan lingkungan. Oleh karena itu, memastikan desain yang aman untuk bejana bertekanan sangat penting. Dalam kendaraan *Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)*, *pressure vessel* memiliki peran penting sebagai tempat penyimpanan hidrogen yang digunakan untuk meng-

hasilkan listrik melalui sistem *fuel cell*. *Pressure vessel* harus didesain sesuai standar untuk memastikan keamanan selama kendaraan beroperasi, karena hidrogen merupakan bahan bakar yang mudah terbakar dan meledak jika terjadi kebocoran atau kerusakan pada *pressure vessel*, faktor keamanan harus diperhatikan secara serius dalam desain dan konstruksi *pressure vessel* untuk mencegah kemungkinan terjadinya kecelakaan dan kebakaran yang dapat membahayakan pengemudi dan penumpang (Ustolin et al., 2020).

Hidrogen telah menjadi sumber energi yang menjanjikan untuk menggantikan bahan bakar fosil karena masalah polusi lingkungan dan krisis energi. Hidrogen memiliki banyak keunggulan, seperti tidak adanya emisi gas rumah kaca, efisiensi tinggi, dan sumber daya yang melimpah. Untuk menjadikan hidrogen sebagai sumber daya alternatif yang layak, sangat penting untuk mengatasi berbagai masalah teknis, seperti pembuatan hidrogen, penyimpanan, transportasi, dan pembakarannya. Penyimpanan hidrogen tetap menjadi masalah penting untuk penggunaan dalam skala besar. Ada banyak metode penyimpanan hidrogen fisik dan kimia, seperti penyimpanan hidrogen bertekanan tinggi, penyimpanan hidrogen padat logam, dan penyimpanan hidrogen dengan hidrida kompleks. Saat ini, penyimpanan hidrogen bertekanan tinggi telah menjadi metode paling populer karena biayanya yang rendah, kematangannya, dan kemudahan pengoperasiannya. Dengan perkembangan kendaraan sel bahan bakar hidrogen, teknologi penyimpanan hidrogen di dalam kendaraan dengan faktor keamanan, efisiensi, dan ekonomi telah menjadi bagian fundamental. Jarak berkendara yang lebih jauh memerlukan penyimpanan hidrogen yang lebih banyak. Departemen Energi Amerika Serikat mengusulkan bahwa kerapatan energi yang dapat digunakan dari H₂ (energi berguna bersih/maksimum volume sistem) harus mencapai 1 kg/L (0,03 kg/L untuk sistem) pada tahun 2020. Tekanan penyimpanan hidrogen harus ditingkatkan karena keterbatasan ruang yang tersedia di dalam kendaraan (Zhang et al., 2019).

Penelitian ini akan melakukan perancangan desain *hydrogen pressure vessel* untuk memperoleh hasil kinerja yang optimal. Signifikansi penelitian ini terletak pada fokusnya pada pertimbangan keselamatan dan kepatuhan terhadap kode *ASME* sepanjang proses desain dan analisis. Perancangan menggunakan perhitungan manual matematis dengan menggunakan variasi tipe *head* dan jenis material dengan tiga model ukuran ketebalan yang berbeda yang akan mempengaruhi hasil perhitungan serta desain yang akan dibuat, pada penelitian ini akan menggunakan *software solidwork* dalam proses desain dan analisis elemen hingga (*finite element analysis*). Metode ini akan digunakan untuk membuat model *hydrogen storage tank* dan melakukan analisis simulasi untuk mengetahui nilai *equivalent stress*, *total deformation*, *safety factor*, *longitudinal stress* dan *circumferential stress*. Diharapkan dengan mengikuti standar yang telah ditetapkan dan menggunakan alat komputasi seperti *FEA*, hasil penelitian ini akan memberikan informasi yang berguna bagi pengembang teknologi *fuel cell electric vehicle* untuk meningkatkan keamanan dan kekuatan dari penyimpanan hidrogen pada *pressure vessel*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat dirumuskan masalah penelitian skripsi sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh tipe desain *head*, jenis material dan ukuran ketebalan *shell* terhadap *total deformation* pada *pressure vessel hydrogen storage tank*
2. Bagaimana pengaruh tipe desain *head*, jenis material dan ukuran ketebalan *shell* terhadap *equivalent stress* pada *pressure vessel hydrogen storage tank*
3. Bagaimana pengaruh tipe desain *head*, jenis material dan ukuran ketebalan *shell* terhadap *safety factor* pada *pressure vessel hydrogen storage tank*
4. Bagaimana pengaruh tipe desain *head*, jenis material dan ukuran ketebalan *shell* terhadap *longitudinal stress* pada *pressure vessel hydrogen storage tank*
5. Bagaimana pengaruh tipe desain *head*, jenis material dan ukuran ketebalan *shell* terhadap *circumferential stress* pada *pressure vessel hydrogen storage tank*

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian skripsi yang didapatkan berdasarkan pemaparan rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh tipe desain *head*, jenis material dan ukuran ketebalan *shell* terhadap *total deformation* pada *pressure vessel hydrogen storage tank*
2. Mengetahui pengaruh tipe desain *head*, jenis material dan ukuran ketebalan *shell* terhadap *equivalent stress* pada *pressure vessel hydrogen storage tank*

3. Mengetahui pengaruh tipe desain *head*, jenis material dan ukuran ketebalan *shell* terhadap *safety factor* pada *pressure vessel hydrogen storage tank*
4. Mengetahui pengaruh tipe desain *head*, jenis material dan ukuran ketebalan *shell* terhadap *longitudinal stress* pada *pressure vessel hydrogen storage tank*
5. Mengetahui pengaruh tipe desain *head*, jenis material dan ukuran ketebalan *shell* terhadap *circumferential stress* pada *pressure vessel hydrogen storage tank*

1.4 Manfaat

Manfaat penelitian skripsi yang didapatkan berdasarkan pemaparan latar belakang diatas adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan dan mengembangkan ilmu terkait faktor-faktor yang dapat mempengaruhi aspek karakteristik mekanis dari hidrogen *pressure vessel*
2. Memberikan informasi untuk studi selanjutnya dan pengembangan teknologi baru dalam membuat hidrogen *pressure vessel* yang lebih baik dan efisien.
3. Meningkatkan pemahaman terkait keamanan hidrogen *pressure vessel*, serta berkontribusi untuk pengembangan energi bersih yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

Tujuan dari batasan masalah adalah untuk memfokuskan pembahasan dan mencegah terlalu meluasnya cakupan topik. Dalam penelitian ini, batasan masalah akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Perancangan dan analisis hanya difokuskan pada komponen *head*, *shell*, dan *nozzle pressure vessel* Penelitian ini tidak membahas mengenai teknik pengelasan dan bahan pengelasan yang diterapkan pada sambungan/*weld* jenis *pressure vessel*.
1. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode *FEA (Finite Element Analysis)*, sehingga semua analisis yang terkait dengan *CFD (Computational Fluid Dynamic)* tidak diperhitungkan.
2. Penelitian ini hanya memperhitungkan pengaruh dari penggunaan hidrogen terkompresi, sehingga variasi fluida lain yang mungkin mempengaruhi hasil penelitian tidak diperhitungkan.
3. Standar yang digunakan meliputi *ASME BPVC Section VIII Dvs 1*, *ISO 11439* dan *SNI 7928*.
4. Tidak meninjau sisi ekonomi dari hasil perancangan ini.

1.6 Urgensi Penelitian

Penelitian dalam skripsi ini memiliki urgensi dalam konteks rencana induk riset nasional 2017-2045. Rencana induk riset nasional tersebut merupakan panduan strategis yang telah disusun untuk mengarahkan upaya penelitian dan pengembangan di Indonesia selama hampir tiga dekade ke depan. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi sangat relevan karena berkontribusi langsung

dalam mencapai tujuan dan visi yang terkandung dalam dokumen tersebut. Salah satu aspek urgensi penelitian ini adalah kontribusinya terhadap pemahaman dan pemecahan masalah yang diidentifikasi dalam rencana induk riset nasional dengan fokus riset energi-energi baru dan terbarukan dengan tema teknologi substitusi bahan bakar, dengan topik riset pengembangan komponen konverter kit, serta target riset yaitu media penyimpan hidrogen berbahan lokal sistem produksi hidrogen dari keragaman hayati lokal. Dengan mengidentifikasi dan menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian yang relevan, penelitian ini dapat membantu dalam menyediakan wawasan dan solusi yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan pembangunan nasional yang tercantum dalam rencana tersebut.

Selain itu, penelitian ini juga dapat memberikan masukan berharga untuk mengarahkan alokasi sumber daya penelitian dan pengembangan yang lebih efektif sesuai dengan prioritas yang telah ditetapkan dalam rencana induk riset nasional. Dengan demikian, penelitian ini dapat membantu memaksimalkan dampak positif dari investasi penelitian yang dilakukan oleh pemerintah dan pihak terkait. Selain itu, penelitian ini juga memiliki urgensi dalam mengisi celah pengetahuan atau data yang mungkin belum tercakup dalam rencana induk riset nasional. Dengan melakukan penelitian yang relevan dan inovatif, penelitian ini dapat membantu dalam mengidentifikasi isu-isu baru yang perlu dipertimbangkan dan diintegrasikan ke dalam rencana riset nasional yang lebih baru.

1.7 Sistematika Penulisan Skripsi

Skripsi akan disusun dengan menggunakan format penulisan yang terdiri dari lima bab dan masing-masing bab akan dijelaskan isinya sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab satu merupakan bagian awal dari penelitian ini, yang memberikan informasi detail mengenai situasi atau konteks latar belakang penelitian, merumuskan masalah penelitian, tujuan dan manfaat yang diharapkan dari penelitian tersebut, serta membatasi ruang lingkup penelitian yang akan dilakukan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab dua akan menguraikan dasar teori yang relevan dengan penelitian ini, yang akan digunakan sebagai dasar untuk merancang sebuah solusi dan memberikan jawaban terhadap permasalahan yang diidentifikasi.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Bab tiga adalah bagian yang menjelaskan mengenai metodologi penelitian, mencakup jenis penelitian yang dilakukan, diagram alir yang menunjukkan langkah-langkah

pelaksanaan penelitian, serta penjelasan tentang fase-fase yang digunakan dalam melakukan penelitian

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab empat berisi tentang hasil dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan, meliputi fase-fase yang digunakan dalam proses perancangan dan simulasi analisis tangki penyimpanan bahan bakar hidrogen, yaitu fase perancangan, fase pengaplikasian material, fase simulasi pengujian, dan fase analisis.

BAB V : PENUTUP

Bab lima adalah bagian penutup dari penelitian ini, yang berisi kesimpulan yang diambil dari perancangan dan analisis untuk menjawab rumusan masalah penelitian. Selain itu, pada bab ini juga diberikan saran-saran untuk penelitian selanjutnya yang dapat dilakukan untuk melanjutkan penelitian ini atau meneliti topik yang terkait.