

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, simulasi, dan analisis data yang telah dilakukan mengenai pengaruh variasi ketebalan dinding *cylinder barrel* pada *hydraulic cylinder jack* kapasitas 200 Ton, maka dapat diambil beberapa kesimpulan. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan perhitungan analitik rumus Lamé dan simulasi numerik menggunakan *software ANSYS* untuk melihat perubahan nilai tegangan serta deformasi radial dari kondisi *baseline* hingga 7 variasi ketebalan dinding.

1. Distribusi Tegangan Akibat Tekanan Internal Berdasarkan hasil simulasi ANSYS, distribusi tegangan pada *cylinder barrel* tidak merata, di mana lokasi konsentrasi tegangan tertinggi (maksimum) selalu berada pada permukaan internal silinder ($r=a$) dan nilainya menurun secara bertahap menuju permukaan luar ($r=b$). Khusus untuk tegangan *von Mises*, distribusi ini membentuk pola parabolik yang dihasilkan dari interaksi multaksial antara tegangan tekan radial dan tegangan tarik lingkar.
2. Pengaruh Ketebalan Dinding Terhadap Tegangan Maksimum Peningkatan ketebalan dinding terbukti secara efektif menurunkan nilai tegangan lingkar (*hoop stress*) dan tegangan ekuivalen (*von Mises*) secara signifikan. Hasil simulasi menunjukkan tegangan *hoop* turun dari 145,5 MPa (*baseline*) menjadi 91,417 MPa pada Variasi 7.
3. Pengaruh Ketebalan Dinding Terhadap Deformasi Radial Penambahan ketebalan dinding meningkatkan kekakuan struktural (*structural stiffness*), sehingga memperkecil nilai deformasi radial akibat tekanan internal. Nilai ekspansi radial menurun dari 0,04000 mm pada kondisi *baseline* menjadi 0,02606 mm pada Variasi 7. Meskipun demikian, nilai deformasi ini dianggap

tidak signifikan secara operasional karena hanya berkisar 0,021% dari diameter dalam dan masih jauh di bawah batas elastisitas karet penyekat (*piston seal*) yang tebalnya antara 0,5 mm hingga 1,5 mm.

4. Nilai Faktor Keamanan (*Safety Factor*) Seluruh variasi ketebalan dinding (dari *baseline* hingga Variasi 7) menghasilkan nilai faktor keamanan (*safety factor*) yang berada di atas batas minimum 2,0 sesuai standar regulasi internasional ASME BPVC Section VIII Division 1. Dengan nilai FoS yang berkisar antara 2,26 hingga 3,25, seluruh desain dinyatakan masuk dalam zona aman ideal untuk aplikasi alat berat kelas 200 Ton dan mampu mengeliminasi risiko kegagalan pecahnya dinding silinder.
5. Variasi Terbaik Berdasarkan Parameter Ukur Berdasarkan analisis rasio efisiensi (besarnya penurunan parameter ukur per 1 mm penambahan tebal), Variasi 1 (+5 mm) merupakan pilihan terbaik. Variasi ini memiliki rasio efisiensi penurunan deformasi tertinggi sebesar 0,642, sedangkan untuk rasio efisiensi penurunan *hoop stress* tertinggi sebesar 2,470 MPa/mm pada variasi 6. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan ketebalan lebih dari 5 mm (seperti pada Variasi 2 hingga 7) memberikan kontribusi penurunan tegangan dan deformasi yang semakin mengecil secara efisiensi material.

5.2 Saran

Berdasarkan keterbatasan dan ruang lingkup yang ada pada penelitian ini, beberapa saran yang dapat diberikan untuk peneliti selanjutnya yang ingin mengembangkan topik ini adalah sebagai berikut:

1. Peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan simulasi dengan pembebanan fatik (*fatigue life*) secara berulang atau fluktuatif, mengingat pada kondisi riil di lapangan *hydraulic jack* sering menerima beban kejut (*shock loading*) dan tekanan dinamis dari pompa fluida yang dapat memicu kegagalan lelah material dalam jangka panjang.

2. Pada penelitian ini, sifat material baja yang digunakan masih diasumsikan sebagai elastis linear konstan. Untuk variasi silinder yang sangat tebal, disarankan menggunakan model material elasto-plastis (seperti kurva tegangan-regangan riil material) agar perilaku deformasi ketika material mulai melewati batas luluh dapat terbaca secara lebih akurat.
3. Mengingat gesekan kontinu antara *piston* dengan dinding dalam silinder serta tekanan tinggi fluida dapat menimbulkan panas, peneliti selanjutnya dapat menambahkan variabel temperatur atau analisis termal untuk melihat pengaruh ekspansi termal (*thermal expansion*) terhadap total deformasi radial silinder.
4. Peneliti berikutnya dapat memanfaatkan fitur optimasi otomatis pada ANSYS seperti *Goal Driven Optimization* atau *Topology Optimization* untuk mencari tebal dinding dan pengurangan berat mati silinder yang paling minimum dengan batasan *Safety Factor* yang sudah ditentukan.
5. Jika memungkinkan dari segi fasilitas, disarankan untuk melakukan validasi akhir menggunakan metode eksperimen langsung (uji fisik) dengan memasang *strain gauge* pada permukaan dinding luar *cylinder barrel* untuk membandingkan nilai regangan riil lapangan dengan hasil simulasi komputer.