

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis getaran mekanik dan *fatigue* pada tiga material poros turbin Kaplan menggunakan metode numerik (ANSYS dan Scilab), dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Material CA6NM menghasilkan respon dinamika getaran paling stabil dengan putaran kritis tertinggi (427,8 RPM) dan amplitudo getaran terendah ($<0,035$ mm) dibandingkan SS 304 (419,4 RPM; $\sim 0,050$ mm) dan SS 316L (254,4 RPM; 0,065 mm).
2. Pembebanan aksial 150 kN dan torsi 9,13 kNm menghasilkan tegangan Von-Mises maksimum sebesar $\pm 18,64$ MPa yang berada jauh di bawah yield strength material. Hal ini memberikan faktor keamanan lelah (fatigue safety factor) yang sangat aman $SF \geq 3,69$ hingga 15 dengan estimasi umur lelah di atas $5,9 \times 10^6$ siklus.
3. Material CA6NM disimpulkan sebagai material paling optimal untuk poros turbin Kaplan karena memiliki kombinasi kekakuan lateral tertinggi, peredaman internal (damping ratio 1,5%) yang unggul, serta deformasi terkecil (0,022085 mm).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya:

1. Mengingat nilai tegangan operasional yang didapat sangat jauh di bawah batas luluh (kondisi *over-engineered*), penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan optimasi dimensi atau pengurangan berat poros guna mencapai efisiensi material dan biaya tanpa mengurangi faktor keamanan.
2. Untuk mendapatkan hasil yang lebih representatif terhadap kondisi lapangan, disarankan untuk mengintegrasikan simulasi *Computational*

Fluid Dynamics (CFD) dengan FEA guna menangkap interaksi fluida-struktur secara simultan akibat beban air yang lebih kompleks.

3. Sejalan dengan tren teknologi terbaru, hasil simulasi ini dapat dikembangkan menjadi model Digital Twin yang mengombinasikan data getaran lapangan secara *real-time* untuk memprediksi sisa umur pakai (*remaining useful life*) poros secara lebih akurat.
4. Penelitian berikutnya dapat lebih mendalam mengkaji kondisi operasi *off-design* atau transien seperti *start-up* dan *shutdown*, karena fluktuasi tegangan pada kondisi tersebut sering kali jauh lebih tinggi dibandingkan kondisi operasional normal.