

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis perbandingan kekuatan bilah turbin angin horizontal (*HAWT* dengan *airfoil SG6043 untwisted*) dan vertikal (*VAWT* dengan *airfoil NACA 0018*) menggunakan metode elemen hingga pada material kayu mahoni dan *PETG*, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Distribusi tegangan Von-Mises dan deformasi total pada bilah *HAWT* lebih tinggi dibandingkan *VAWT* akibat pembebanan aerodinamika dan sentrifugal, terutama pada kecepatan angin ekstrem (50 m/s). Tegangan maksimum pada *HAWT* mencapai 29,27 MPa untuk kayu mahoni, sementara *VAWT* lebih stabil di bawah 16 MPa untuk *PETG*, dengan konsentrasi tegangan utama di akar bilah untuk *HAWT* dan di tengah bilah untuk *VAWT*.
2. Material *PETG* menunjukkan kekuatan struktural yang lebih baik dibandingkan kayu mahoni pada kondisi badai, dengan tegangan lebih rendah (13,72 MPa vs 29,27 MPa pada *HAWT* 50 m/s) berkat fleksibilitasnya yang mengurangi beban efektif melalui deformasi adaptif. Namun, kayu mahoni lebih kaku pada kondisi normal, dengan deformasi minimal (kurang dari 1 mm pada *VAWT*).
3. Desain *VAWT* dengan tumpuan dua sisi (*fixed-fixed*) memiliki kekakuan struktural yang superior dibandingkan *HAWT* (*cantilever*), terbukti dari deformasi maksimum *VAWT* hanya 8,29 mm pada *PETG* 50 m/s, dibandingkan 110,74 mm pada *HAWT*. Hal ini menjadikan *VAWT* lebih cocok untuk material polimer seperti *PETG* pada aplikasi skala kecil, dengan faktor keamanan tetap di atas 2,0 pada semua skenario.

5.2 Saran

Demi pengembangan penelitian selanjutnya dan penyempurnaan desain purwarupa fisik, penulis menyampaikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Pada simulasi ini, material kayu dan plastik diasumsikan memiliki kekuatan yang sama ke segala arah (*isotropik*), padahal aslinya tidak seperti itu. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya gunakan data material ortotropik (kekuatan berbeda sesuai arah serat) khususnya untuk Kayu Mahoni agar hasil tegangan lebih akurat. Untuk *PETG* hasil cetak 3D, sebaiknya perhitungkan juga kelemahan pada sambungan antar-lapisan (yang biasanya lebih mudah retak dibandingkan bagian lainnya).
2. Penelitian ini menggunakan desain bilah yang padat (*solid*). Disarankan untuk melakukan percobaan desain bilah berongga (*hollow*) atau menggunakan pola isian dalam (*infill*) seperti *gyroid* atau *honeycomb* dengan kepadatan 20-40%. Cara ini akan membuat bilah jauh lebih ringan. Karena bilah lebih ringan, gaya sentrifugal (gaya lempar saat berputar) akan berkurang drastis, dan juga lebih efisien dalam menghasilkan daya.
3. Disarankan untuk melakukan simulasi *Fluid-Structure Interaction (solid)* guna mengintegrasikan beban aerodinamika dari *CFD (Computational Fluid Dynamics)* secara langsung ke model struktur.