



Rancang Bangun Konfigurasi *Three Straight Blade* *Vertical Axis Wind Turbin GR1*

Muhammad Abdul Ghofur¹, Rindu Alriavindra Funny²

¹ Departemen Aeronautika, Akademi Angkatan Udara, Yogyakarta, Indonesia

² Departemen Aeronautika, Sekolah Tinggi Teknologi Adisucipto, Yogyakarta, Indonesia

e-mail : m_abdulghofur@aau.ac.id

e-mail : rindualri@stta.ac.id

Abstrak— Permintaan energi listrik terus meningkat. Pembangkit listrik menggunakan Wind Turbin menjadi solusi yang tepat karena ada permintaan untuk sumber energi yang lebih bersih. Wind Turbin untuk pembangkit listrik biasanya terletak jauh dari tempat tinggal manusia. Dalam kebutuhan lain, Wind Turbin ditempatkan di ketinggian yang lebih rendah dimana kecepatan angin rendah dan kondisi aliran angin yang tidak optimal. Vertical Axis Wind Turbin lebih efisien dari pada Horizontal Axis Wind Turbin bila aplikasinya untuk kecepatan angin rendah dan mampu bekerja pada angin yang mengalir dari arah manapun. Oleh karena itu, sistem VAWT lebih cocok untuk aplikasi perumahan dan perkotaan. Tujuan penelitian ini adalah melakukan rancang bangun konfigurasi Vertical Axis Wind Turbin GR1. Objek penelitian ini adalah perancangan dan analisis struktur blade aluminium dan komposit untuk aplikasi pada VAWT untuk mengetahui tegangan serta defleksi yang terjadi pada blade tersebut serta proses pembuatan konfigurasi VAWT GR1.

Kata Kunci : Vertical Axis Wind Turbin, Metode Elemen Hingga, Blade, Komposit

I. PENDAHULUAN

Dengan semakin berkurangnya cadangan sumber energi tidak terbarukan, maka berdampak pada meningkatnya harga jual ke masyarakat. Pada saat yang bersamaan, energi tidak terbarukan juga akan melepaskan emisi karbon ke atmosfer, yang menjadi penyumbang besar terhadap pemanasan global. Peningkatan kebutuhan manusia akan sumber energi mendorong manusia untuk mencari berbagai alternatif sumber energi yang dapat terus terbarukan. Di sisi lain, masih banyak sumber energi alami yang belum dimanfaatkan secara maksimal dalam kehidupan manusia. Energi tidak terbarukan adalah energi yang diambil dari sumber yang hanya tersedia dalam jumlah terbatas di bumi dan tidak dapat diregenerasi. Sumber energi ini akan berakhir baik cepat ataupun lambat dan berbahaya bagi lingkungan. Sedangkan energi terbarukan adalah energi yang dihasilkan dari sumber alami seperti matahari, angin, dan air serta dapat dihasilkan lagi dan lagi. Sumber akan selalu tersedia dan tidak merugikan lingkungan.

Salah satu contoh energi terbarukan tersebut adalah energi angin. Energi yang dihasilkan oleh angin dapat dimanfaatkan bagi kelangsungan hidup dengan cara dikonversi menjadi bentuk energi lain yang dapat dimanfaatkan untuk memperlancar kehidupan. Turbin angin memanfaatkan energi kinetik dari angin dan mengkonversinya menjadi energi listrik. Ada dua jenis turbin angin yang utama yaitu Turbin angin dengan poros horizontal (HAWT) dan Turbin angin dengan poros vertikal (VAWT). Horizontal Axis Wind Turbines (HAWT) adalah jenis wind turbin dimana sumbu rotasi turbin nya diorientasikan secara sejajar dengan arah angin agar

menghasilkan power. Sedangkan Vertical Axis Wind Turbines (VAWT) adalah jenis wind turbin dimana sumbu rotasi turbin ini tegak lurus dengan arah angin atau permukaan pemasangan.

Keuntungan utamanya adalah generator berada di permukaan tanah sehingga lebih mudah diakses dan mereka tidak memerlukan sistem yaw. Karena kedekatannya dengan tanah, kecepatan angin yang tersedia lebih rendah. Untuk wind turbin skala kecil jenis vertical axis wind turbine (VAWT) sangatlah cocok digunakan di daerah perkotaan karena karakteristik VAWT yang dapat bergerak tanpa tergantung arah angin, hal ini sesuai dengan karakteristik angin perkotaan. Selain itu, VAWT dapat bergerak dan menghasilkan energi listrik pada kondisi kecepatan angin yang rendah, menghasilkan torsi yang lebih besar dari pada torsi yang dihasilkan oleh konvensional wind turbine dan dapat bekerja dengan baik meskipun aliran udara yang berhembus adalah turbulen. Penelitian ini fokus pada perancangan dan analisis struktur blade guna penerapan pada jenis VAWT yang dapat diaplikasikan pada kecepatan angin rendah dan berubah-ubah arah. Satu keuntungan yang menarik lainnya dari VAWT adalah blade nya dapat memiliki bentuk konstan (lurus tanpa twist), tidak perlu memutar bilahnya karena setiap bagian sudu dikenai kecepatan angin yang sama. Hal ini memungkinkan desain yang lebih mudah, fabrikasi dan replikasi blade yang dapat mempengaruhi pengurangan biaya dan merupakan salah satu alasan utama untuk mendesain turbin angin dengan konfigurasi rotor ini.

II. LANDASAN TEORI

Menurut definisi International Energy Agency (IEA), energi terbarukan adalah energi yang berasal dari proses alam yang di isi ulang terus menerus. Energi terbarukan berasal dari elemen-elemen alam yang tersedia di bumi dalam jumlah besar, misal: matahari, angin, sungai, tumbuhan dan sebagainya [1]. Energi terbarukan merupakan sumber energi paling bersih yang tersedia di planet ini. Ada beragam jenis energi terbarukan, namun tidak semuanya bisa digunakan di daerah-daerah terpencil dan perdesaan. Tenaga Surya, Tenaga Angin, Biomassa dan Tenaga Air adalah teknologi yang paling sesuai untuk menyediakan energi di daerah-daerah terpencil dan perdesaan. Energi terbarukan lainnya termasuk Panas Bumi dan Energi Pasang Surut adalah teknologi yang tidak bisa dilakukan di semua tempat.

Turbin angin merupakan alat konversi energi angin menjadi energi mekanik dan kemudian dikonversi menjadi energi listrik. Energi angin (P_{wind}) ini sendiri merupakan hasil dari setengah kali massa jenis udara (ρ) dengan luas penampang cakupan dari turbin angin (A) dan pangkat tiga dari kecepatan anginnya (V^3). Jadi, sedikit saja selisih kecepatan anginnya, maka perbedaan energi yang dihasilkan dapat berkali lipat besarnya. Setiap sistem pasti memiliki suatu tingkat efisiensi kerja karena hampir tidak ada sistem yang mampu bekerja sempurna, seperti halnya turbin angin ini. Oleh karena itu, untuk mendapatkan Energi Mekanik dari hasil turbin ini maka perlu diperhitungkan juga nilai efisiensi turbin (C_p). Nilai efisiensi ini sudah ditentukan dari awal mula sistem (turbin angin) ini didesain. Energi mekanik dari turbin ini berupa kecepatan putaran bilah turbin (ω) dan torsi, T , (besar gaya yang diberikan pada suatu panjang lengan beban/blade)[2].

III. MODEL YANG DIUSULKAN

A. Jenis dan Desain penelitian

Pada penelitian ini melakukan perancangan dan analisis struktur blade untuk aplikasi pada wind turbin vertical axis dengan menggunakan metode elemen hingga serta melakukan proses rancang bangun Three Straight Blade Vertical Axis Wind Turbine GR1.

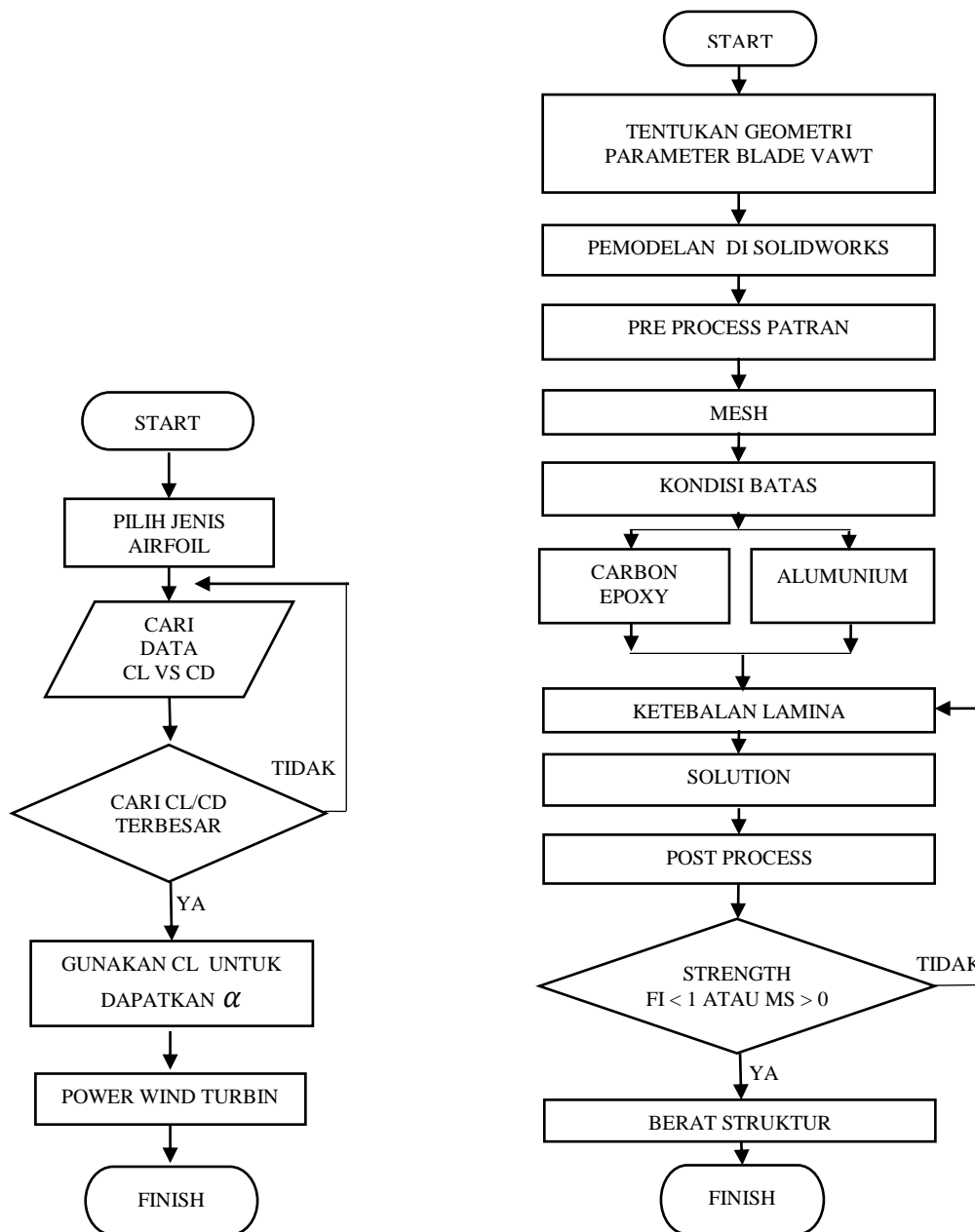
Metode elemen hingga adalah salah satu metode analisis numerik yang digunakan untuk mencari solusi dari persamaan turunan parsial atau persamaan integral. Pada bidang struktur metode elemen hingga diaplikasikan untuk menghitung tegangan dan efek-efek yang dihasilkan oleh pembebanan pada struktur seperti defleksi. Ide penggunaan metode elemen hingga pada

struktur adalah membagi elemen-elemen yang hendak dianalisis menjadi elemen-elemen kecil kemudian saling dihubungkan oleh titik simpul sehingga menjadi struktur yang kontinu. Kemudian diberikan kondisi pembebanan yang terjadi pada struktur dan kondisi batas yang akan menghasilkan perpindahan nodal yang digunakan untuk mengetahui tegangan dalam yang terjadi pada struktur tersebut.

Pemodelan awal menggunakan software solidworks dan kemudian dianalisis menggunakan software patran Nastran. Blade yang dianalisis menggunakan material aluminium dan komposit, kemudian dianalisis bagaimana stress dan defleksi yang terjadi pada blade tersebut.

Penelitian bertujuan menganalisis hubungan antara variabel bebas yang diujikan dan variabel terikat yang kemudian dianalisis. Variabel bebas adalah variasi perlakuan yang diberikan pada turbin angin dimana pada penelitian ini variabel bebasnya adalah Blade yang menggunakan material aluminium, Blade yang menggunakan material komposit, Rancang Bangun Konfigurasi Vertical Axis Wind Turbine GR1. Sedangkan Variabel terikat adalah variabel hasil, untuk penelitian ini variabel terikatnya adalah Stress dan defleksi pada blade aluminium dan komposit serta Performance Wind Turbin.

B. Diagram Alir Penelitian

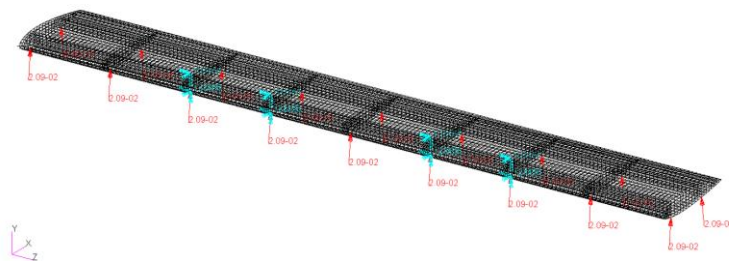


Gambar 1 Diagram alir proses analisis pengaruh jenis airfoil terhadap performance VAWT dan gambar 2 diagram alir proses perancangan dan analisis struktur blade.

IV. IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

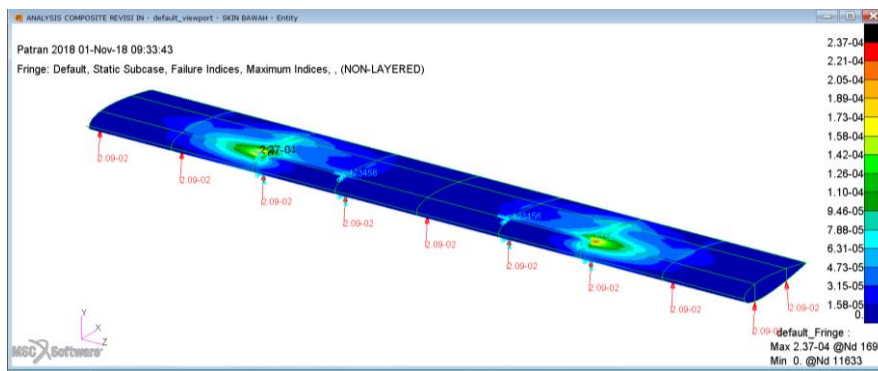
A. Perancangan dan Analisis Statik struktur Blade

Pada tahap awal ini proses yang dilaksanakan adalah memodifikasi koordinat airfoil NACA 0018 yang disesuaikan dengan dimensi yang diinginkan. Dimana panjang chordline yang diinginkan adalah 125 mm. Data kordinat yang kita peroleh adalah dalam format notepad yang kemudian kita import ke Microsoft excel untuk dilakukan modifikasi data koordinat. Setelah proses modifikasi dilakukan, maka selanjutnya data tersebut disimpan dalam format notepad kembali agar bisa diimport ke software solidworks. Setelah 3 dimensi airfoil selesai dibuat di Solidworks, file tersebut kita import ke Patran Nastran untuk dilaksanakan proses Analisis.

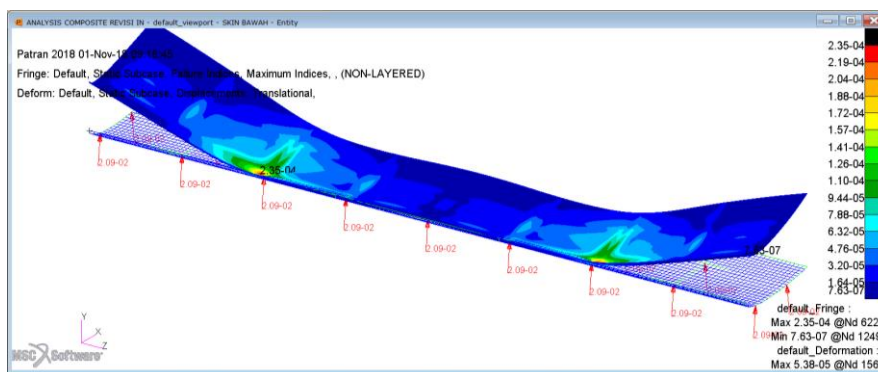


Gambar 3 Pemberian displacement pressure

Hasil analisis static kekuatan sruktur blade yang menggunakan material carbon epoxy T300N5208 dengan arah serat 0/90/0/90/90/0/90/0 dimana ketebalan per layer nya adalah 0,000125 m atau 0,125 mm. Ketebalan ribs dan skin dimodelkan sebesar 3 mm dan skin sebesar 5 mm. Diperoleh failure indices sebesar 0,000237, dimana dalam teori kegagalan tsaiwu jika failure indices masih dibawah 1 menunjukkan kekuatan struktur masih aman. (Gambar 4). Sedangkan defleksi maksimum diperoleh sebesar 0,0000538 inch. (Gambar 5). Diperoleh berat total dari struktur 1 blade komposit sebesar 3,15 lbf atau setara dengan 1,4 Kg.

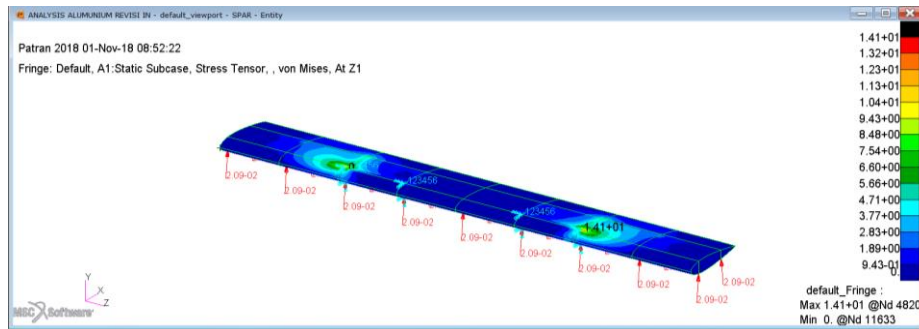


Gambar 4 Hasil analisis kekuatan sruktur blade komposit

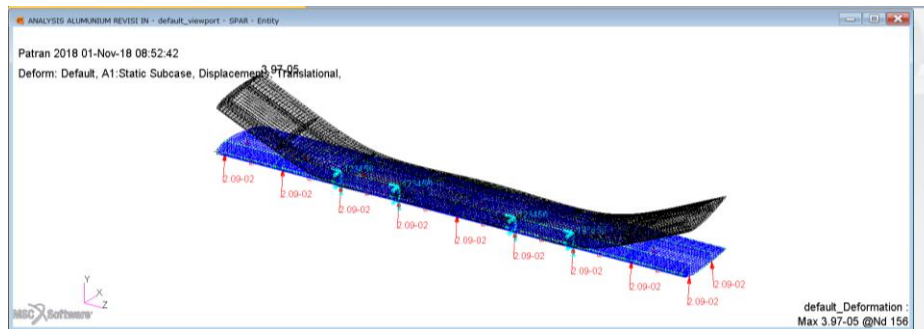


Gambar 5 hasil analisis displacement struktur blade komposit

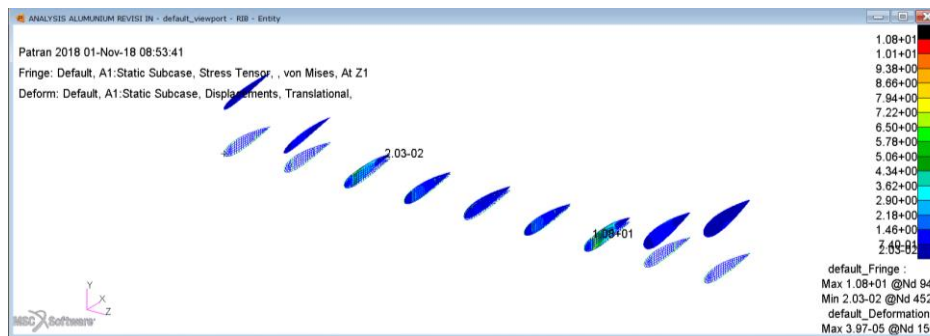
Hasil analisis static kekuatan sruktur blade yang menggunakan material aluminium dimana ketebalan ribs dan skin dimodelkan sebesar 3 mm dan skin sebesar 5 mm. Diperoleh stress maksimum sebesar 14,1 psi. (Gambar 6). Sedangkan defleksi maksimum diperoleh sebesar 0,0000397 inch. (Gambar 7). Diperoleh berat total sebesar 5,47 lbf atau setara dengan 2,5 Kg.



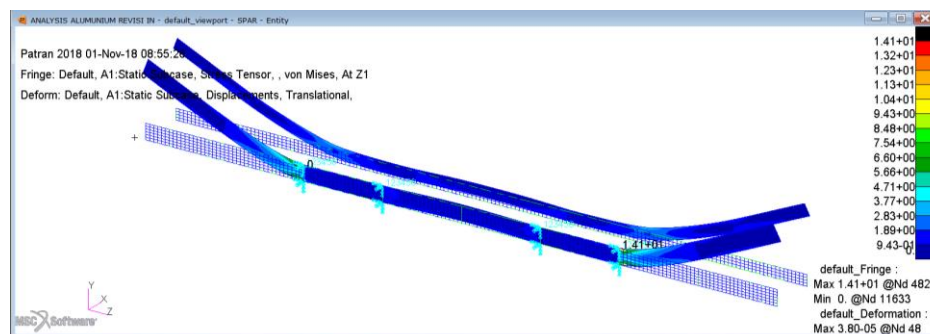
Gambar 6 hasil stress maksimum yang terjadi pada blade aluminium



Gambar 7 hasil defleksi maksimum yang terjadi pada blade aluminium



Gambar 8 hasil analisis pada komponen rib



Gambar 9 hasil analisis pada komponen spar

B. Performance Three Straight Blade Vertical Axis Wind Turbin GRI

$$\text{Betz Limit} = \frac{16}{27} = 0.5999 = \text{max power efficiency}$$

Besarnya nilai soliditas (σ) min untuk VAWT = 0,4

Jenis NACA 0018 pada Sudut serang 2 diperoleh $C_L = 0.2985$ dan $C_D = 0.02133$

Untuk stabilitas, Rasio diameter terhadap tinggi blade $\frac{H}{D} = 1,2$

Height of Rotor (H) = 0,88 m dan Diameter of Rotor (D) = 0,79 m

Swept Area (A) = $H \times D = 0,88 \times 0,79 = 0,6952 \text{ m}^2$

TSR : 1 – 4 untuk small scale generation dan 5 – 9 untuk large scale generation.

TSR (σ) = 2,5, Number of blade = $n = 3$, Wind Velocity (v) = 2 m/s

Kinematic Viscosity (ν) = $1,56 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, Air Density (ρ) = $1,225 \text{ kg}/\text{m}^3$

Power of the wind (P_w) = $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 = \frac{1}{2} \times 1,225 \times 0,6952 \times 2^3 = 3,40648 \text{ watt}$

Mechanical Power (P_m) = $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot \frac{16}{27} \cdot v^3 = \frac{1}{2} \times 1,225 \times 0,6952 \times \frac{16}{27} \times 2^3 = 2,01865 \text{ watt}$

Angular Velocity (ω) = $\sigma \cdot \frac{v}{R} = 2,5 \times \frac{2}{0,395} = 12,6582278481 \text{ rad}/\text{sec}$

$$N = \omega \times \frac{60}{2\pi} = 12,6582278481 \times \frac{60}{2\pi} = 120,877 \text{ rpm}$$

Lift (L) = $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot S \cdot C_L$ dimana $S = C \cdot H = 0,125 \times 0,88 = 0,11 \text{ m}^2$
 $= \frac{1}{2} \times 1,225 \times (12,66)^2 \times 0,11 \times 0,2985 = 3,1928 \text{ N}$

Drag (D) = $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot S \cdot C_D$
 $= \frac{1}{2} \times 1,225 \times (12,66)^2 \times 0,11 \times 0,02133 = 0,228 \text{ N}$

$$T = P_m \times \frac{60}{2\pi \cdot N} = 2,01865 \times \frac{60}{2\pi \cdot 120,877} = 0,1595 \text{ Nm}$$

$$\text{Force (F)} = \frac{T}{R} = \frac{0,1595 \text{ Nm}}{0,395 \text{ m}} = 0,4 \text{ N}$$

$$F_{total} = 4,3 \text{ N} + 3,1928 \text{ N} + 0,4 \text{ N} = 7,8928 \text{ N}$$

$$\text{Pressure (P)} = \frac{F_{total}}{A} = \frac{7,8928}{0,085} = 92,85 \text{ Pa} = 0,02089 \text{ Psi}$$

Pressure ini adalah yang kita berikan pada analisis static struktur blade menggunakan software patran Nastran.

C. Rancang Bangun Konfigurasi Three Straight Blade Vertical Axis Wind Turbin GRI



Gambar 10 proses pembuatan blade



Gambar 11 Proses pembuatan konfigurasi three straight blade vertical axis wind turbin GR1

V. KESIMPULAN

Konfigurasi Three Blade Vertical Axis Wind Turbin GR1 dirancang dengan panjang Blade sebesar 0,88 m dan chordline 0,125 m serta diameter rotor sebesar 0,79 m. Airfoil yang digunakan yaitu NACA 0018. Hasil analisis statik kekuatan sruktur blade yang menggunakan material komposit carbon epoxy T300N5208 dengan arah serat 0/90/0/90/90/0/90/0 dimana ketebalan per layer nya adalah 0,000125 m atau 0,125mm. Ketebalan ribs dan skin dimodelkan sebesar 3 mm dan skin sebesar 5 mm. Diperoleh failure indices sebesar 0,000237 dan defleksi maksimum sebesar 0,0000538 inch, dimana dalam teori kegagalan tsaiwu jika failure indices masih dibawah 1 menunjukkan kekuatan struktur masih aman. Berat total dari blade komposit sebesar 3,15 lbf atau setara dengan 1,4 Kg. Hasil analisis statik kekuatan sruktur blade yang menggunakan material aluminium dimana ketebalan ribs dan skin dimodelkan sebesar 3 mm dan skin sebesar 5 mm. Diperoleh stress maksimum sebesar 14,1 psi, defleksi maksimum sebesar 0,0000397 inch dan berat total sebesar 5,47 lbf atau setara dengan 2,5 Kg. Stress terbesar pada semua rancangan terjadi pada titik pertemuan antara penyangga blade dengan spar blade. Performance awal wind turbin vertical axis dengan kecepatan angina 2 m/s memiliki power angin sebesar 3,40 watt dan power turbin sebesar 2,02 watt serta angular velocity 120 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Contaned Energy Indonesia, Buku Panduan Energi Terbarukan, Kementrian Dalam Negri, ISBN 1-885203-29-2.
- [2] Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Energi Angin, Lentera Angin Nusantara, 2014
- [3] Martin O. L. Hansen, 2008. Aerodynamics of Wind Turbin, Second Edition, Earthscan, London.
- [4] Hugh Piggott, Windpower Workshop Building Your Own Wind Turbine, Centre for Alternative Technology Publications
- [5] Veeksha Rao Ponakala, Design and Simulation of Small Wind Turbine Blades in Q-Blade, IJEDR Volume 5 Issue 4 ISSN: 2321-9939. 2017.
- [6] Michael D. Bausas, The Influence of Blade Camber on the Performance of a Vertical Axis Wind Turbine in Fluctuating Wind, Proceedings of the World Congress on Engineering 2016 Vol II WCE 2016, June 29 - July 1, 2016, London, U.K.
- [7] Ashwani sharma dan M.A. Murtaza, Modeling and finite element analysis of vertical axis wind turbine rotor configurations, International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD) ISSN(P): 2249-6890: ISSN(E):2249-8001 Vol.6, Issue 3 Jun 2016, 23-34.
- [8] Wendi Liu, Qing Xiao, Investigation on Darrieus type straight blade vertical axis wind turbine with flexible blade, Ocean Engineering 110 (2015) 339–356.
- [9] P.D. Chougule, S.R.K. Nielsen and B.Basu, Active Blade Pitch Control for Straight Bladed Darrieus Vertical Axis Wind Turbine of New Design, Key Engineering Materials Vols. 569-570 (2013) pp 668-675, 2013.
- [10] Arti Tirkey, Study on the effect of blade profile, number of blade, Reynolds number, aspect ratio on the performance of vertical axis wind turbine, International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume3, Issue12, December 2014
- [11] Mei Yi, Airfoil Design for Vertical Axis Wind Turbine Operating at Variable Tip Speed Ratios, The Open Mechanical Engineering Journal, 2015, 9, 1007-1016
- [12] Lin Wang, Athanasios Kolios, Maria Martinez Luengo, Xiongwei Liu, Structural optimisation of wind turbine towers based on finite element analysis and genetic algorithm. Wind Energy Science, 14 December 2016.



Muhammad Abdul Ghofur, S.T., M.T. adalah lulusan Perwira Karir tahun 2003. Gelar Sarjana Teknik (S.T.) Program Studi Teknik Penerbangan diraih di Fakultas Teknologi Kedirgantaraan Universitas Suryadarma Jakarta tahun 2002. Gelar Magister Teknik (M.T.) Program Studi Aeronotika dan Astronotika diraih di Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara Institut Teknologi Bandung (ITB) tahun 2013. Bidang penelitian yang sedang ditekuni saat ini adalah Perancangan Sayap Komposit, Reliability, Rancang Bangun Vertical Axis Wind Turbin, Perbandingan Metode Hand Lay Up dan Vacuum Assited Resin Transfer Moulding serta Autoclave dari segi kekuatan tarik, kekuatan impact dan rotating fatigue serta uji komposisi menggunakan alat uji SEM EDS. Salah satu penelitian yang telah dipublikasikan dalam Jurnal Internasional adalah “*The Design of a High Aspect Ratio HALE Aircraft Composite Wing. Part I: Static Strength Analysis*, Journal of

Mechanical Engineering Vol.12, No.2, 1-12, 2015. Penulis saat ini berdinasi sebagai Kasi Aerodinamika dan Propulsi Departemen Aeronautika AAU serta Dosen tetap AAU untuk Prodi Teknik Aeronautika Pertahanan.