

SIMULASI PEMBEBANAN STATIC STRUCTURAL BLADE STAGE SATU DENGAN RPM 3600

Rendi Sambudi¹, Putri Anggi Permata Suwandi²

^{1,2,3}Jurusan Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

Gedung B Lantai 3, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang

E-mail : rendisambudi23@gmail.com¹, putrianggi.permata@gmail.com²,

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan simulasi pembebanan Static Structural pada komponen blade menggunakan perangkat lunak analisis elemen hingga (FEA), untuk menganalisis perilaku mekanik pada struktur blade dibawah berbagai kondisi beban. Sebagai tahap awal dari penelitian tersebut nantinya akan dilakukan permodelan dan pengujian virtual beban material turbin stage -1. Dalam penelitian ini, blade turbin stage -1 dimodelkan dengan menggunakan software SolidWork. Selanjutnya model tersebut di Import ke ANSYS Workbench 21.0. Analysis Static Structural pada blade stage -1 berbahan dasar baja stainless steel dilakukan dengan menggunakan software ANSYS 21.0. Pembebanan Static Structural, model diberikan beban struktur yaitu gaya sentrifugal dan gaya grafitasi. Model tersebut kemudian di uji secara virtual untuk mengetahui tegangan dan deformasi yang terjadi.. Dari hasil analysis diperoleh gambaran bahwa model material blade -1 bekerja dengan aman ketika dioperasikan pada kondisi pembebanan yang telah ditentukan.

Kata Kunci: Simulasi, ANSYS, SolidWork, turbine blade, stainless steel, tegangan, deformasi

I. PENDAHULUAN

Pembebanan struktural pada blade (bilah) merupakan aspek kritis dalam perancangan dan pengoperasian berbagai jenis turbin, termasuk pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). Blade pada turbin PLTP berfungsi untuk mengubah energi panas dari uap yang dihasilkan oleh proses geotermal menjadi energi mekanik, yang kemudian diteruskan ke generator untuk menghasilkan listrik. Proses ini memerlukan desain blade yang mampu bertahan terhadap berbagai jenis beban yang terjadi selama operasional turbin, seperti gaya sentrifugal, gaya aerodinamis, dan beban termal.

Simulasi pembebanan statik struktural pada blade sangat penting untuk memastikan bahwa desain tersebut dapat mengatasi kondisi beban yang terjadi tanpa mengalami kerusakan struktural. Analisis ini menggunakan metode elemen hingga (FEA) untuk memodelkan dan menganalisis perilaku mekanik blade di bawah kondisi pembebanan statik. Metode ini memungkinkan penentuan distribusi tegangan, deformasi, dan faktor keselamatan pada blade dalam berbagai kondisi beban.

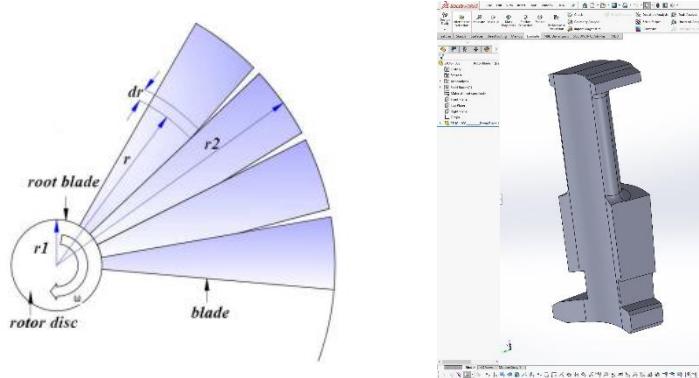
Pada PLTP, blade terpapar pada tekanan uap yang tinggi, suhu yang ekstrem, dan gaya mekanis akibat rotasi turbin yang cepat. Oleh karena itu, penting untuk memahami respon struktural blade terhadap berbagai kombinasi beban ini, guna mencegah kegagalan dini dan meningkatkan umur pakai komponen. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan simulasi pembebanan static pada blade PLTP untuk mengevaluasi daya tahan dan keamanan desainnya. Hasil simulasi ini dapat menjadi referensi bagi para insinyur dalam merancang dan mengoptimalkan komponen turbin yang lebih efisien dan tahan lama, sekaligus mengurangi risiko kegagalan struktural yang dapat mengganggu operasi PLTP. Makalah sebaiknya disusun dengan urutan topik bahasan sebagai berikut.

II. METODOLOGI PENELITIAN

1. Metodologi Penelitian

a. Model Geometri

Langkah awal yang dilakukan adalah proses design dari material turbin dan pengujian melalui simulasi pembebanan nanti yang akan diterima oleh turbin untuk memastikan bahwa material yang didesain aman Ketika dioperasikan. Turbin Blade #1 di desain menggunakan Software SolidWork dan nantinya akan di Import kedalam software Ansys workbench dengan memilih modul static structural.



Gambar 1. Geometri blade stage 1

b. Sifat – sifat material

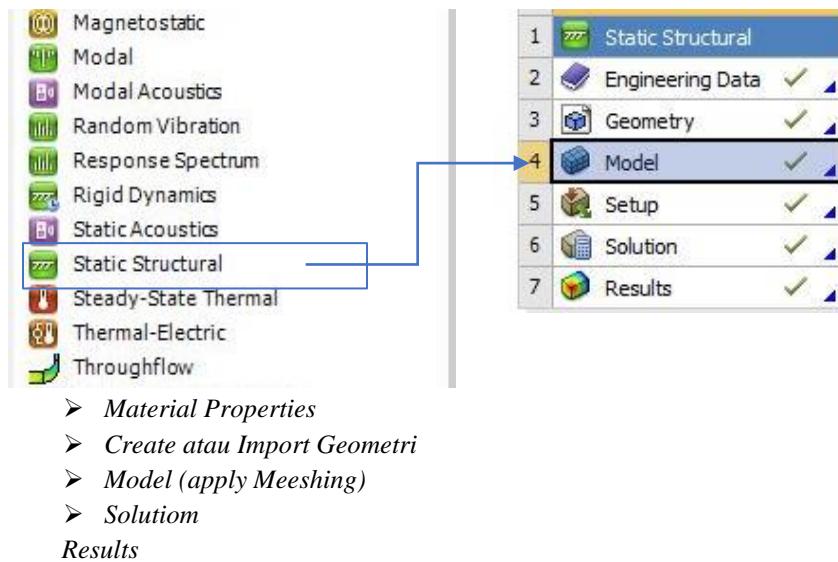
Dalam Permodelan balde #1 digunakan material baja SS 17 – 4 PH dengan Spesifikasi berikut :

Tabel 1. Material propertis SS 17-4 PH

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Density	(7750 – 7800)	Kg/m ³
2	Tensile Modulus	(193 – 197)	Gpa
3	Possion Ratio	(0,27 – 0,3)	
4	Yield Strength	1000	Mpa

c. Prosedur analisis di ANSYS

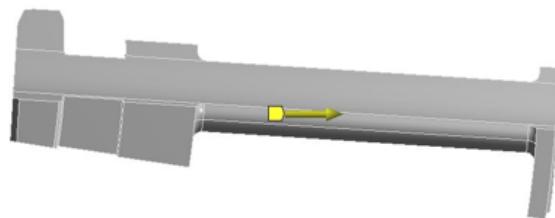
Geometri blade Turbine #1 yang didesain di SolidWork nantinya diimport kedalam Ansys dengan memilih modul Static Struktural. Mekanisme Simulasi analisis di ansys menggunakan model Static Struktural dapat dilihat pada gambar di bawah:



Gambar 2. Prosedur analisis pada ANSYS

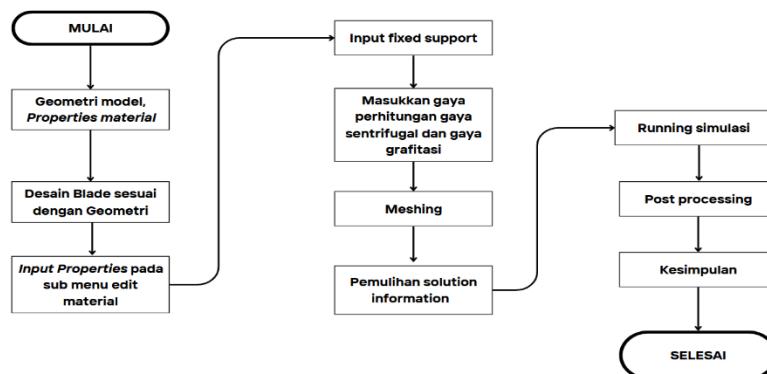
d. Kondisi Boundri/Kondisi Batas

Dalam analisis statis ini permukaan bagian bawah menjadi fixed support setelah tekanan permukaan blade diberikan seperti ditunjukkan pada gambar 3.

Gambar 3. Boundary condition pada *static structural*

e. Diagram Alir Simulasi

Diagram alir simulasi pengujian virtual dengan menggunakan ANSYS 21.0 ditunjukkan pada gambar 4

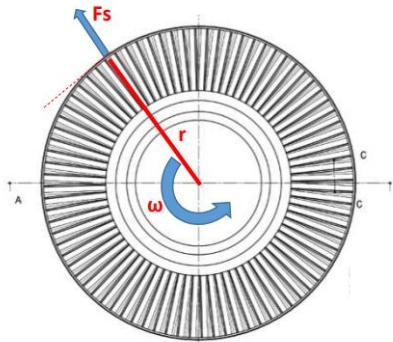


Gambar 4. Diagram Alir Simulasi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa Static Structural

Pada simulasi atau penelitian blade stage #1 putaran pada rotor digunakan sebesar 3600 Rpm dan material yang digunakan yaitu SS 17-4 PH. Simulasi *Static Structural* putaran rotor yang dihasilkan atau diasumsikan yaitu 3600 Rpm.



Gambar 5. Rotor Blade

Akibat dari berat dan putaran turbine, maka blade akan mengalami gaya sentrifugal, Sehingga untuk menghitung gaya sentrifugal dapat menggunakan rumus :

$$F_s = m\omega^2 r \quad (1)$$

Dimana :

m = massa benda (kg)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

r = Jari – jari putar (m)

mengubah rpm menjadi rad/sec

$$\frac{3600 \text{ rev}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ sec}} \times \frac{2 \pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} = 376,991 \text{ rad/sec}$$

Setelah mendapatkan gaya sentrifugal dengan menggunakan rumus (1) selanjutnya mencari akselerasi dengan menggunakan persamaan gaya hukum newton ke II.

Akselerasi

$$F_s = m \cdot a$$

$$a = F_s/m \quad (2)$$

Dengan data – data yang sudah diketahui, maka dapat dihitung untuk gaya sentrifugal dan akselesarasi untuk blade stage 1 didapat hasil sebagai berikut :

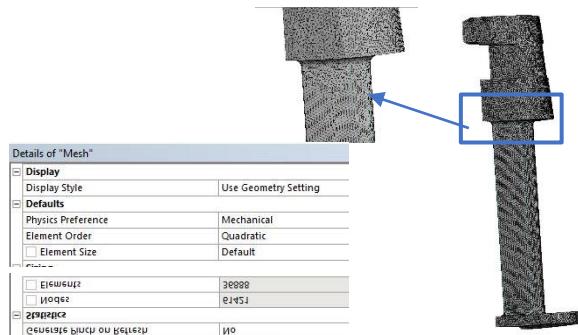
Tabel 2. Data – data balde stage 1

No Blade	Massa (m) kg	Rpm	Outer radius (m)	Kec. Sudut (rad/s)	Gaya Sentrifugal (N)	Akselerasi (a) (m/s ²)
1	0,30038	3600	0,2765	376,991	11796,111	39296,76

2. Simulasi Pembebanan

a) Meshing

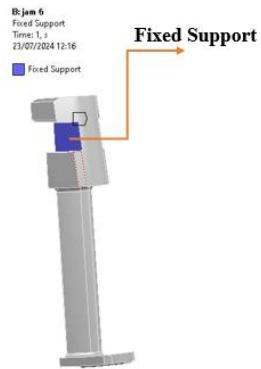
Proses meshing pada blade stage 1 dilakukan dengan sizing otomatis 7 dari skala 1 hingga 7 dengan bentuk dimensi element automatic dan element order menggunakan Quadratic.



Gambar 6. Meshing pada blade stage 1

b) Fixed Support

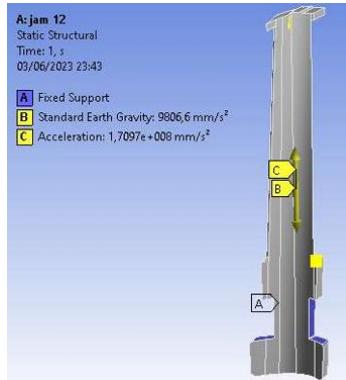
Tumpuan menggunakan fixed support dengan letak berada pada permukaan root blade yang kontak dengan rotor disk turbine.



Gambar 7. Fixed Support blade stage 1

c) Kondisi Pembebanan

Akselerasi dengan besaran sesuai dengan perhitungan yang telah ditentukan dan percepatan gravitasi bergantung pada posisi jam turbine.

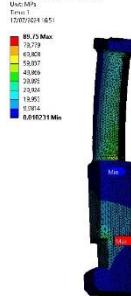
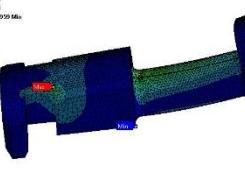
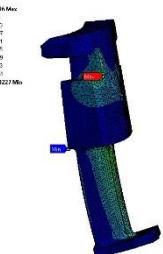
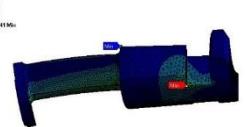


Gambar 8. Pembebanan Blade Stage 1

d) Hasil Simulasi Rotor Blade stage 1

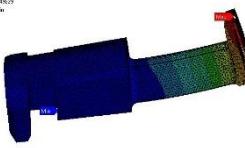
Equivalent Von-Mises Stresses

Arah	Hasil Simulasi	Min (Mpa)	Max (Mpa)

Jam 12	 BL-JM12 acceleration (0.000000-89.75) Type: Equivalent (von-Mises) Stress Unit: MPa Time: 1 1/20/2024 16:51 89.75 Max 73.79 63.88 53.97 43.96 33.95 23.94 13.93 0.004 0.00031 Min	0,0102	89,75
Jam 3	 BL-JM3 acceleration (0.000000-89,574) Type: Equivalent (von-Mises) Stress Unit: MPa Time: 1 1/20/2024 16:51 89,574 Max 73.02 63.07 53.12 43.17 33.22 23.27 13.32 0.000	0,012	89,574
Jam 6	 BL-JM6 acceleration (0.000000-89,706) Type: Equivalent (von-Mises) Stress Unit: MPa Time: 1 1/20/2024 16:51 89,706 Max 73.31 63.36 53.41 43.46 33.51 23.56 13.61 0.000	0,0102	89,706
Jam 9	 BL-JM9 acceleration (0.000000-89,869) Type: Equivalent (von-Mises) Stress Unit: MPa Time: 1 1/20/2024 16:51 89,869 Max 73.59 63.64 53.69 43.74 33.79 23.84 13.89 0.000	0,0105	89,869

Total Deformation

Arah	Hasil Simulasi	Max (Mpa)

Jam 12	 El: JAM 12 acceleration Total Deformation: Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 1/1000000000000000000 0.000001 Max 0.000050 0.000100 0.000150 0.000200 0.000250 0.000300 0.000350 0.000400 0.000450 0.000500 0.000550 0.000600 0.000650 0.000700 0.000750 0.000800 0.000850 0.000900 0.000950 0.001000 0.000000 Min	0,044443
Jam 3	 El: JAM 3 acceleration Total Deformation: Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 1/1000000000000000000 0.000001 Max 0.000050 0.000100 0.000150 0.000200 0.000250 0.000300 0.000350 0.000400 0.000450 0.000500 0.000550 0.000600 0.000650 0.000700 0.000750 0.000800 0.000850 0.000900 0.000950 0.001000 0.000000 Min	0,044306
Jam 6	 El: JAM 6 acceleration Total Deformation: Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 1/1000000000000000000 0.000001 Max 0.000050 0.000100 0.000150 0.000200 0.000250 0.000300 0.000350 0.000400 0.000450 0.000500 0.000550 0.000600 0.000650 0.000700 0.000750 0.000800 0.000850 0.000900 0.000950 0.001000 0.000000 Min	0,044421
Jam 9	 El: JAM 9 acceleration Total Deformation: Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 1/1000000000000000000 0.000001 Max 0.000050 0.000100 0.000150 0.000200 0.000250 0.000300 0.000350 0.000400 0.000450 0.000500 0.000550 0.000600 0.000650 0.000700 0.000750 0.000800 0.000850 0.000900 0.000950 0.001000 0.000000 Min	0,044521

e) Hasil Analisa Tegangan Blade stage 1

Tabel 3. Hasil analisa tegangan

Arah Blade	Maksimum Total Deformasi (mm)	Maksimum Von Mises Stress (Mpa)	Yield Strength (Mpa)	Ultimate Tensile Strength (Mpa)	Hasil
Arah jam 12	0,044421	89,706	1000	1020	Ok
Arah Jam 3	0,044443	89,75	1000	1020	Ok
Arah Jam 6	0,044521	89,869	1000	1020	Ok
Arah Jam 9	0,044306	89,574	1000	1020	Ok

IV. KESIMPULAN

Sifat mekanik Stainless Steel yang baik itu seperti kekuatan yang tinggi, tahan korosi, dan temperature tinggi yang menjadikan dasar pemilihan material ini untuk digunakan sebagai model turbin geothermal. Dari tabel hasil analisa dapat dilihat bahwa posisi tegangan tertinggi berada pada blade arah jam 9. Dengan mempertimbangkan hasil simulasi ini, maka blade-1 yang terbuat dari material SS 17-4 PH, diperkirakan akan aman ketika dioperasikan pada kodisi operasi tersebut. Hal ini Dikarenakan tegangan kerja lebih kecil dibandingkan dengan allowable stress dari material tersebut.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada bapak Dr. Ir. Agus Hadi Santosa Wargadipura, S.T., MSc. Selaku pembimbing Kegiatan magang MBKM BRIN 2023/2024, serta para periset yang ada di KR material maju, yang telah memberikan bimbingan, arahan serta ilmu – ilmu baru selama kami mengikuti kegiatan MBKM BRIN, dan Rekan – rekan kelompok MBKM yang sudah memberikan dukungan serta bantuannya selama kegiatan penelitian dan riset di BRIN.

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Penulisan karya tulis ilmiah ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program kerja praktik/magang prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan ini, dan masih belum sempurna. Maka dari itu penulis sangat mengharapkan segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun serta menumbuhkan semangat untuk kesempurnaan laporan ini.

VI. REFERENSI

- Alekhya, S. P. (2018) 'Modeling And Analysis of Steam Turbine Blade', International Journal of Advance Engineering and Research Development, 5(04).
- Bhargav, R. *et al.* (2017) 'Structural and Thermal Analysis of Steam Turbine Blade Using FEM'.
- Devarmani, R. S. and Ramesh, K. (2018) 'Design and Thermal Analysis of Steam Turbine Blade'.
- Durga, K. S. N. and SAI, D. (2015) 'Design and Analysis of Steam Turbine Blade using FEA'.
- Pambudi, N. A. (2018) 'Geothermal power generation in Indonesia, a country within the ring of fire: Current status, future development and policy', Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81, pp. 2893–2901. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.096>.
- Robert, H. W. (2021) Fossil Energy. Available at: https://iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/GEA_Chapter12_fossils_low_res (Accessed: 10 January 2021).
- Soares, C. (2014) Gas Turbines: A Handbook of Air, Land and Sea Applications. Edited by Butterworth-Heinemann. USA: Elsevier Science & Technology Books.