

Design Water Turbine as Pump Drive for Irrigating Paddy Fields in the Highlands in the Panjalu Ciamis Region

Rancang Bangun Turbin Air Sebagai Penggerak Pompa untuk Pengairan Sawah di Dataran Tinggi di Daerah Panjalu Ciamis

*Ade Herdiana¹⁾, Slamet Riyadi²⁾

^{1, 2)} Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Galuh, Jawa Barat, INDONESIA

INFORMASI ARTIKEL

NASKAH DITERIMA : 16 Maret 2023

DIREVISI : 14 April 2023

DISETUJUI : 15 Juni 2023

*KORESPONDENSI PENULIS :

adethemox@gmail.com

Abstract

In electrical systems, safety is the main factor, but it is often overlooked because it is quite expensive. The current conventional outlet, although it has been standardized by the Indonesian national standard, is a fact in the field that there are still many incidents of electric shock, because the voltage continues to flow through the copper terminals inside the plastic frame protector. This incident can occur because the terminal is plugged into a conducting object such as a fork, spoon, iron rod, or held directly with a finger. For this reason, in this study, a safety system is made that uses the main component of the Relay as an intermediary for DC voltage and AC voltage. Trials carried out 50 times on each socket box resulted in solving the problem by conditioning the plug that had not been plugged into the terminal so that there was no voltage flowing into the outlet, this certainly distinguishes safety from using an ELCB which must have contact with the human body first.

Keyword: Outlet security, Outlet control, Online Outlet

Abstrak

Air sungai merupakan kebutuhan yang sangat krusial bagi masyarakat, khususnya untuk pengairan sawah, guna mendapat hasil panen yang bagus dan berlimpah diperlukan pasokan air untuk pengairan. "Rancang bangun alat penggerak pompa dengan turbin air adalah sebagai upaya peningkatan usaha pertanian di panjalu kabupaten ciamis", yang bertujuan untuk mengatasi kekurangan air karena posisi geografis panjalu kabupaten ciamis berada di dataran tinggi yang kurang mendapatkan pasokan air. Dalam proses perancangan dan proses pembuatannya memerlukan material yang kokoh, proses perancangan dan pembuatan yang sesuai dengan kaidah elemen mesin, dimensi yang teliti, toleransi dan anti korosi, untuk memperoleh ketahanan dan keamanan konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pencerahan, menambah wawasan dan mendapatkan pengetahuan bagaimana cara merancang dan membuat alat penggerak pompa dengan turbin air, bagaimana ketahanan struktur rangka terhadap beban, bagaimana ketahanan struktur rangka terhadap korosi dan bagaimana faktor keamanan (*safety of factor*) dari struktur rangka alat penggerak pompa dengan turbin air, berapa meter kekuatan pompa menaikan air. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah dapat merancang dan membuat sebuah alat penggerak pompa dengan turbin air yang *simple*, yang lebih baik dari alat yang ada, yang menjadikan keuntungan dan manfaat bagi masyarakat, khususnya masyarakat yang berada pada dunia usaha pertanian. Target Penelitian adalah masyarakat terutama yang berhubungan dengan sistem pengairan pertanian di wilayah panjalu Ciamis dan sekitarnya. Metoda penelitian menggunakan sistem CAD (*Computer Aided Design*), CAE (*Computer Aided Engineering*) dan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) yaitu sistem perancangan, penciptaan, modifikasi, analisis, atau optimalisasi desain dengan menggunakan Komputer (*workstation*) dengan menggunakan software CAD, hasil output dari metode ini adalah gambar teknik yang sudah di analisis oleh CAE & CFD kemudian gambar teknik dijadikan patokan untuk proses pembuatan.

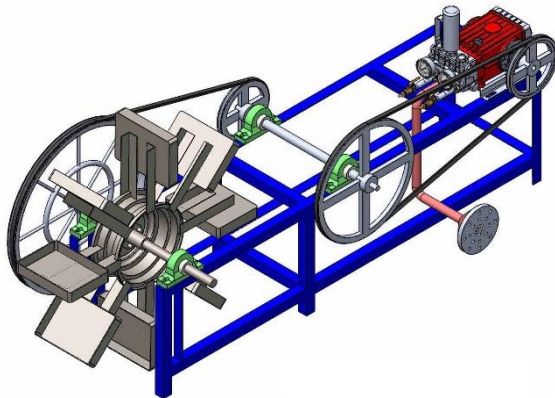
Kata Kunci : Rancang Bangun; Pompa Air; Turbin Air; CAD; CFD.

I. PENDAHULUAN

Alat turbin air penggerak pompa merupakan suatu alat untuk memompa air yang menggunakan penggerak dari putaran turbin. Begitu pentingnya alat ini bagi masyarakat petani.

Turbin arus air selokan dioperasikan di bawah air, turbin air akan mendapatkan tenaga dari tenaga aliran air (energi kinetik) untuk memutar sirip-sirip turbin. Kemudian tenaga dari sirip-sirip turbin diteruskan ke poros untuk diubah menjadi energi mekanik. Selanjutnya, energi mekanik diubah menjadi energi putar untuk memutar pompa.

Dari kurva uji tarik didapat data-data sifat mekanik material, diantaranya; kekuatan tarik (*ultimate tensile strength*), kekuatan mulur (*yield strength*), elongasi (*elongation*), elastisitas (*elasticity*) dan pengurangan luas penampang (*reduction of area*), dari data mekanik material ini akan digunakan dalam perancangan suatu elemen mesin. (Engkos Koswara, Haris Budiman, Nandang, 2016)



Gambar 1. Visualisasi Turbin Air penggerak Pompa

Latar belakang dari penelitian ini adalah diperlukannya pasokan air untuk daerah dataran tinggi yang kekurangan air untuk daerah pertanian.

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana merancang alat untuk menaikkan air dari dataran rendah ke dataran tinggi

Tujuan dari penelitian ini adalah dapat merancang alat turbin air penggerak pompa dengan mengetahui kecepatan aliran air dan tekanan air untuk memutar turbin. Juga didapatkan alat turbin air penggerak pompa yang baik, sesuai dengan standard dan bisa di pergunakan oleh masyarakat pertanian.

1.1 Teori Dasar

1.1.1 Teori Tegangan (*Von Mises*)

Tegangan adalah gaya yang bekerja persatuan luas penampang

Persamaan dari tegangan adalah

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

F = Gaya

A = Luas Penampang

1.1.2 Teori Perpindahan

Perpindahan (*Displacement*)

Jika sebuah poros/ batang menerima beban torsi atau momen puntir maka poros tersebut cenderung terdeformasi akibat pengaruh putaran karena perbedaan putaran satu titik relatif terhadap titik lain pada poros, akibat adanya torsi pada poros maka poros mengalami tegangan geser di penampangnya.

Persamaan dari tegangan geser adalah

$$\tau = \frac{T \cdot r}{J}$$

Keterangan:

T = Torsi

r = Jari-jari

J = Momen Inersia Polar

(Heri Sonawan 2014)

1.1.3 Teori Regangan

Regangan adalah terjadinya perubahan struktur karena ketidakmampuan struktur untuk menahan beban.

Persamaan dari regangan adalah

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Keterangan:

ΔL = Pertambahan panjang

$\Delta L = L - L_0$

L_0 = Panjang awal

1.1.4 Teori *Safety of Factor*

Kekuatan sebenarnya dari suatu struktur haruslah melebihi kekuatan yang dibutuhkan. Perbandingan dari kekuatan sebenarnya terhadap kekuatan yang dibutuhkan disebut faktor keamanan (n)

Faktor keamanan

$$n = \frac{\text{Kekuatan Sebenarnya}}{\text{Kekuatan yang Dibutuhkan}}$$

Faktor keamanan harus lebih besar dari 1,0 untuk menghindari kegagalan

Kegagalan dapat berarti patah atau rusak sama sekali pada suatu struktur. Penentuan faktor keamanan memperhitungkan kemungkinan pembebanan yang melampaui batas (*overloading*) dari suatu struktur baik dari pembebanan statik maupun pembebanan dinamik secara berulang, serta kemungkinan kegagalan akibat kelelahan struktur (*fatigue failure*) dan lain-lain.

Apabila faktor keamanan sangat rendah, maka kemungkinan kegagalan akan

menjadi tinggi dan karena itu desain strukturnya tidak diterima. Sebaliknya jika faktor keamanan sangat besar, maka strukturnya akan menjadi boros bahan (*Over Design*).

1.1.5 Teori Baja AISI 1035

Baja AISI 1035 termasuk kedalam baja karbon rendah yang mempunyai kadar karbon 0.3 s/d 0.8

Property	Value	Units
Elastic modulus	205000	N/mm ²
Poisson's ratio	0.29	N/A
Shear modulus	80000	N/mm ²
Mass density	7850	kg/m ³
Tensile strength	585	N/mm ²
Compressive strength in X		N/mm ²
Yield strength	282.69	N/mm²
Thermal expansion coefficient	1.1e-005	/K
Thermal conductivity	52	W/(m-K)

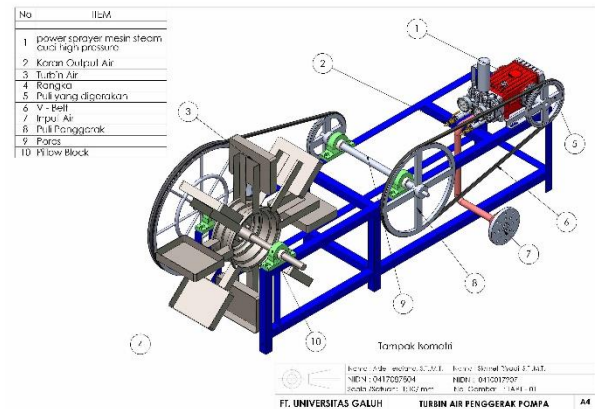
Gambar 2. Properties Baja ASTM A36

1.1.6 Teori FEM

Metode Elemen Hingga atau *Finite Element Method* (FEM) atau Analisa Elemen Hingga atau *Finite Element Analysis* (FEA), merupakan dasar pemikiran dari suatu bangunan bentuk-bentuk kompleks dengan blok-blok sederhana atau membagi objek yang kompleks kedalam bagian-bagian kecil yang teratur yang mendekati model kondisi aslinya.

Pemodelan Solid

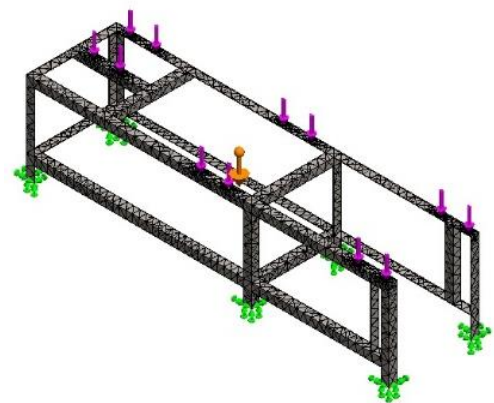
Proses pemodelan dilakukan dengan menggunakan software CAD, dengan ukuran 1 : 1. Keuntungan mendesain alat turbin air penggerak pompa, dengan menggunakan software yaitu untuk lebih mempercepat waktu proses perancangan dan analisis, juga mengurangi Trial Error (kesalahan berulang)



Gambar 4. Gambar TurbinPemutar Pompa

Hasil Meshing

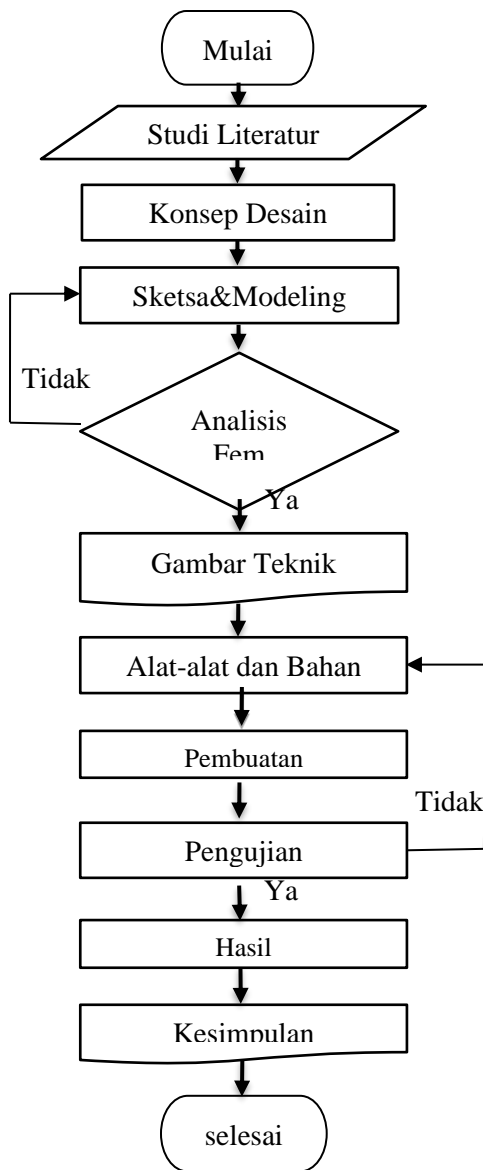
Meshing merupakan suatu proses membagi geometri (sistem matematika) model solid menjadi elemen-elemen dan setiap elemen mempunyai node. Dan setiap node mempunyai derajat kebebasan (*Degree Of Freedom*) dimana gaya akan terdistribusi ke setiap elemen. Semakin banyak *node* maka hasilnya semakin mendekati kondisi aslinya, sesuai dengan ukuran 1 : 1 dari Mesin Uji Tarik, *meshing* juga merupakan proses membagi komponen yang akan dianalisis menjadi elemen-elemen kecil atau Diskrit. Semakin baik kualitas mesh maka akan semakin tinggi tingkat konvergensinya.



Gambar 5. Visualisasi Meshing

II. METODE PENELITIAN

A. Flow Chart



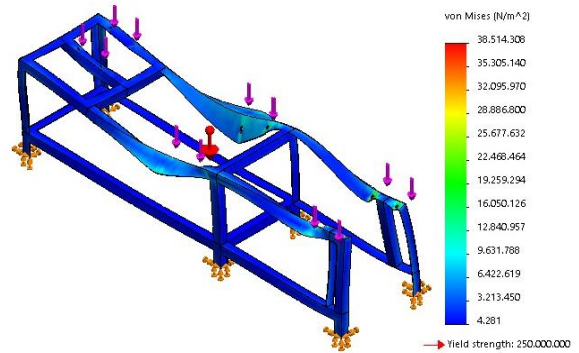
Gambar 3. Diagram Alir Proses

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Rangka

3.1.1 Hasil Analisis Tegangan Maksimum (Von Mises)

Dari hasil analisis numerik FEM Dengan Gaya tarik 35 kg dan ditambahkan dengan gravitasi didapatkan hasil Maksimum sebesar 38.514.308 N/m² atau 38.5 Mpa.

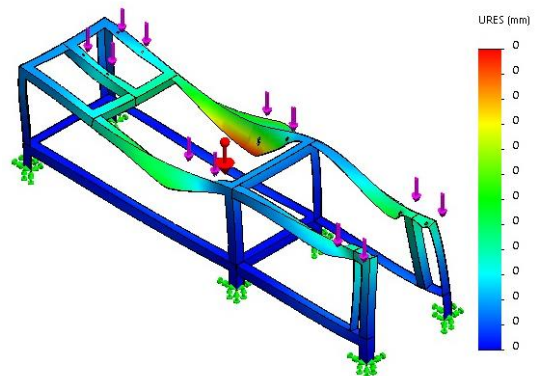


Gambar 5. Visualisasi Tegangan

Dilihat dari gambar 5. dinyatakan bahwa daerah terdistribusi tegangan maksimal di perlihatkan dengan warna merah dengan hasil 38.5 Mpa, hasil tersebut jauh dibawah tegangan Luluh material ASTM A36 sebesar 250 Mpa, dengan demikian dengan menggunakan gaya 35 Kg & gravitasi komponen Rangka dinyatakan aman.

3.1.2 Hasil Analisis Perpindahan (Displacement)

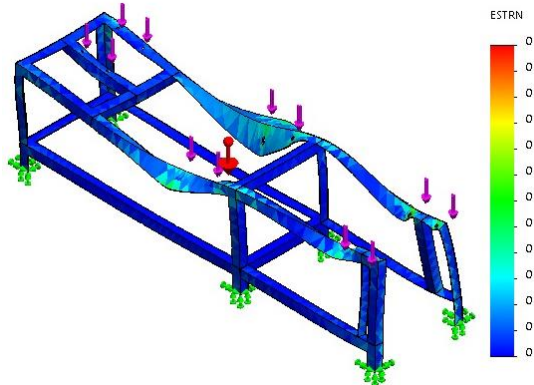
Dari hasil analisis numerik FEM Dengan Gaya tarik 35 Kg dan ditambahkan dengan gravitasi didapatkan hasil 0, dinyatakan tidak terjadi perpindahan pada komponen rangka.



Gambar 6. Visualisasi Perpindahan

3.1.3 Hasil Analisis Regangan (Strain)

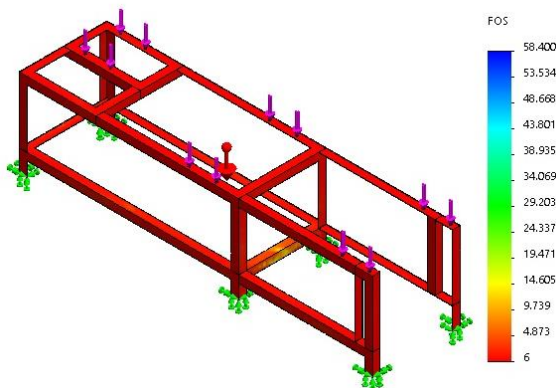
Dari hasil analisis numerik FEM Dengan Gaya 35 Kg dan ditambahkan dengan gravitasi, didapatkan hasil 0, dinyatakan tidak terjadi regangan pada struktur komponen Rangka



Gambar 7. Visualisasi Regangan

3.1.4 Hasil Analisis Safety Factor

Dari hasil analisis numerik FEM Dengan Gaya 35 Kg dan ditambahkan dengan gravitasi, didapatkan hasil *safety of factor* nya adalah 6.

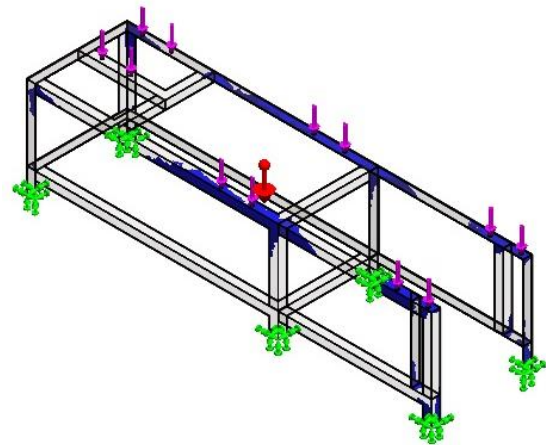


Gambar 8. Visualisasi Safety of Factor

Dilihat dari gambar 8. dinyatakan bahwa daerah komponen rangka yang berwarna merah adalah daerah visualisasi faktor keamanan, hasil yang didapat 6, hasilnya lebih dari 1. Dengan didapatkannya hasil *safety faktor* maka dinyatakan bahwa rangka turbin dengan gaya 40 Kg dinyatakan aman.

3.1.5 Visualisasi Analisis

Dari hasil analisis numerik FEM diperlihatkan visualisasi sebagai berikut:



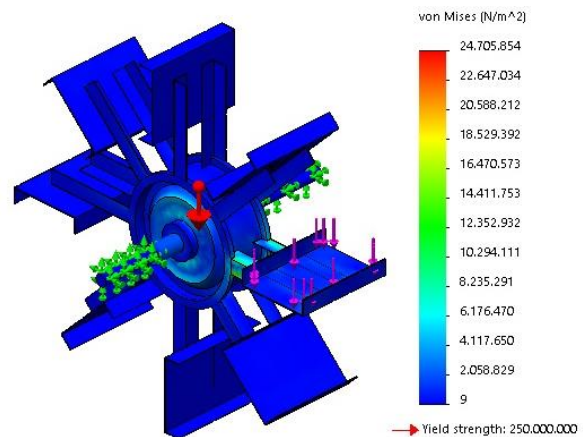
Gambar 9. Visualisasi Distribusi Tegangan.

Dilihar dari gambar 9. dinyatakan bahwa daerah komponen rangka yang berwarna biru adalah daerah dimana terjadi deformasi maksimal.

3.2 Perhitungan Turbin

3.2.1 Hasil Analisis Tegangan Maksimum (Von Mises)

Dari hasil analisis numerik FEM Dengan Gaya tarik 10 kg dan ditambahkan dengan gravitasi didapatkan hasil Maksimum sebesar 24.705.854 N/m² atau 24.7 Mpa.

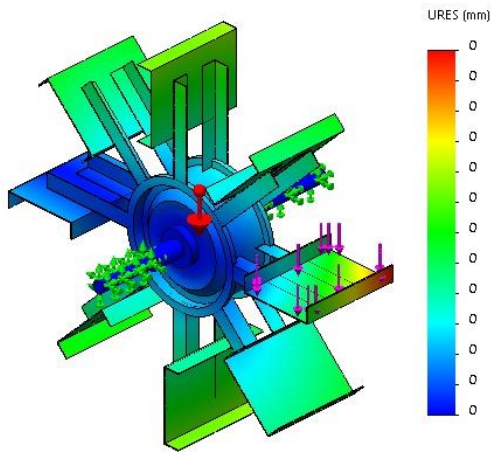


Gambar 10. Visualisasi Tegangan

Dilihat dari gambar 10. dinyatakan bahwa daerah terdistribusi tegangan maksimal di perlihatkan dengan warna merah dengan hasil 27.7 Mpa, hasil tersebut jauh dibawah tegangan Luluh material ASTM A36 sebesar 250 Mpa, dengan demikian dengan menggunakan gaya 10 Kg & gravitasi komponen Rangka dinyatakan aman.

3.2.2 Hasil Analisis Perpindahan (Displacement)

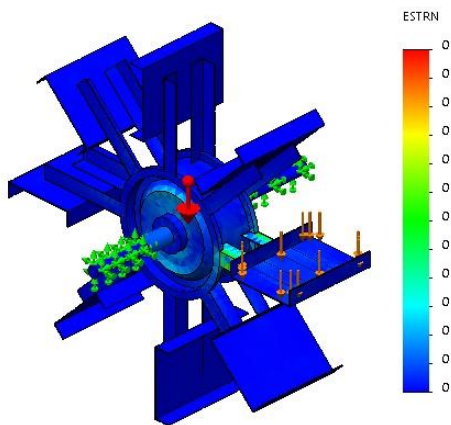
Dari hasil analisis numerik FEM Dengan Gaya tarik 10 Kg dan ditambahkan dengan gravitasi didapatkan hasil 0, dinyatakan tidak terjadi perpindahan pada komponen rangka.



Gambar 11. Visualisasi Perpindahan

3.2.3 Hasil Analisis Regangan (Strain)

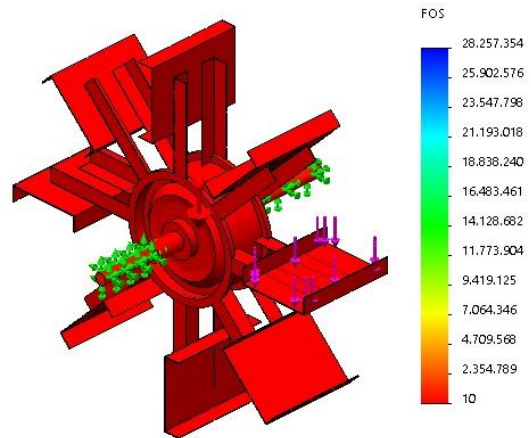
Dari hasil analisis numerik FEM Dengan Gaya 10 Kg dan ditambahkan dengan gravitasi, didapatkan hasil 0, dinyatakan tidak terjadi regangan pada struktur komponen Rangka



Gambar 12. Visualisasi Regangan

3.2.4 Hasil Analisis Safety Factor

Dari hasil analisis numerik FEM Dengan Gaya 10 Kg dan ditambahkan dengan gravitasi, didapatkan hasil *safety of factor* nya adalah 10.

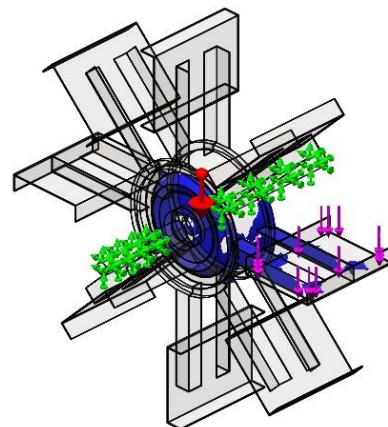


Gambar 13. Visualisasi Safety of Factor

Dilihat dari gambar 13. dinyatakan bahwa daerah komponen rangka yang berwarna merah adalah daerah visualisasi faktor keamanan, hasil yang didapat 10, hasilnya lebih dari 1. Dengan didapatkannya hasil *safety factor* 10 maka dinyatakan bahwa rangka turbin dengan gaya 10 Kg dinyatakan aman.

3.2.5 Visualisasi Analisis

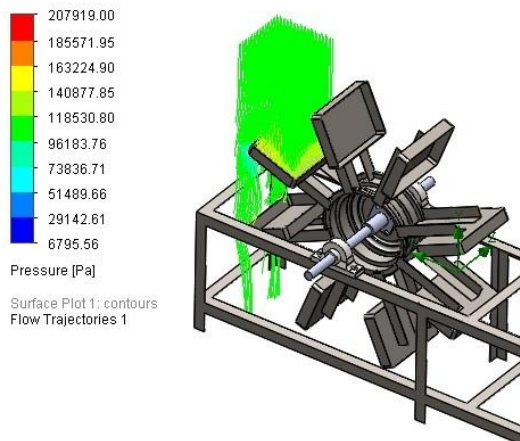
Dari hasil analisis numerik FEM diperlihatkan visualisasi sebagai berikut:



Gambar 14. Visualisasi Distribusi Tegangan.

Dilihar dari gambar 9. dinyatakan bahwa daerah komponen turbin yang berwarna biru adalah daerah dimana terjadi deformasi maksimal.

3.3 Perhitungan Torsi



$$\begin{aligned} T &= F \times r \\ &= 20 \text{ N} \times 0.4 \text{ m} \\ &= 8 \text{ N.m} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} F &= m \times g \\ &= 2 \text{ Kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\ &= 20 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D \text{ turbin} &= 80 \text{ cm} \\ r \text{ turbin} &= 0.4 \text{ m} \end{aligned}$$

Daya Turbin

$$\begin{aligned} P &= T \times w \\ &= 8 \text{ N.m} \times 12.5 \text{ rad/s} \\ &= 100 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} w &= 2 \cdot \pi \cdot n / 60 \\ &= 2(3.14)120/60 \\ &= 12.5 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

3.4 Rasio Kecepatan

$$\begin{aligned} VR_1 &= \frac{D_G}{D_P} \\ &= 545/183 \\ &= 2.9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VR_2 &= \frac{D_G}{D_P} \\ &= 386/183 \\ &= 2 \end{aligned}$$

Keterangan :

VR = Rasio Kecepatan

D_G = (Puli yang digerakan)

D_P = (Puli Penggerak)

> Putaran out put

$$\begin{aligned} n_P &= n_{\text{input turbin}} \times VR_1 \times VR_2 \\ &= 120 \text{ rpm} \times 2.9 \times 2 \\ &= 696 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Jadi putaran output 696 rpm

IV.KESIMPULAN

Perancangan rangka dengan menggunakan FEM didapatkan, Tegangan 38.5 mpa, Perpindahan 0 mm, Regangan 0, Faktor Keamanan 6. Perancangan Turbin dengan menggunakan FEM didapatkan, Tegangan 24.7 mpa, Perpindahan 0 mm, Regangan 0, Faktor Keamanan 10. Gaya air 20 N, Daya turbin 100 watt, Kecepatan Putar out put 696 rpm.

REFERENSI

- [1] SULARSO, KIYOKATSU SUGA. 2004. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Cet. 11. Jakarta : Pradnya Paramita
- [2] HERI SONAWAN. 2014. *Perancangan Elemen Mesin*. Cet.2. Bandung : ALFABETA,CV
- [3] FE, M. N. S. (2016). Rancang Bangun Simulasi Turbin Air Cross Flow. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 1(2).
- [4] Purnama, A. C., Hantoro, R., & Nugroho, G. (2013). Rancang bangun turbin air sungai poros vertikal tipe Savonius dengan menggunakan pemandu arah aliran. *Jurnal Teknik ITS*, 2(2), B278-B282.
- [5] Muis, A. (2010). Turbin Air Pada PLTA Larona. *JURNAL ILMIAH MATEMATIKA DAN TERAPAN*, 7(1).
- [6] Rahman, A., & Kimin, K. (2018). Pengaruh Debit Air Terhadap Kinerja Kincir Air. *DINAMIS*, 2(12 Des), 76-79.
- [7] Poea, C. S., Soplanit, G. D., & Rantung, J. (2013). Perencanaan Turbin Air Mikro Hidro Jenis Pelton untuk Pembangkit Listrik di Desa Kali Kecamatan Pineleng dengan Head 12 Meter. *JURNAL POROS TEKNIK MESIN UNSRAT*, 1(1).
- [8] Muhammad, A. H., Had, A. L., & Terti, W. (2009). Studi Eksprimental Perancangan Turbin Air Terapung Tipe Helical Blades. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 12(2), 165-168.
- [9] Rendi, R., Ihsan, S., & Ma'arif, S. (2020). Turbin Air Arus Sungai Model Sudu Propeller Menggunakan Nozzel-Diffuser. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 4(1), 27-33.