

TUGAS AKHIR

ANALISA KERUSAKAN SUDU PEMUTARAN TURBIN UAP MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA BERBASIS SOLIDWORKS

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MUZAKSIR
1907230135



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : MUZAKSIR
NPM : 1907230135
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : ANALISA KERUSAKAN SUDU PEMUTARAN TURBIN
UAP MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA
BERBASIS SOLIDWORKS

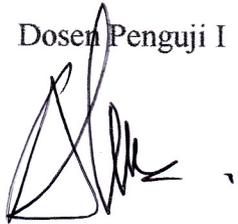
Bidang ilmu : Kontruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 30 Agustus 2023

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Surdiman Lubis, S.T.,M.T

Dosen Penguji II



Ahmad Marabdi Siregar, S.T.,M.T

Dosen Penguji III



Chandra A Siregaar, S.T.,M.T

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Chandra A Siregaar, S.T.,M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama Lengkap : MUZAKSIR
Tempat /Tanggal Lahir : Senebok Pidie / 13 Desember 1999
NPM : 1907230135
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas akhir saya yang berjudul:

**“ ANALISA KERUSAKAN SUDU PEMUTARAN TURBIN UAP
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA BERBASIS
SOLIDWORKS”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal danotentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 Februari 2023
Saya yang menyatakan,



MUZAKSIR

ABSTRAK

Turbin merupakan salah satu mesin konversi yang mengubah energy aliran suatu fluida menjadi energi gerak yang dapat dimanfaatkan. Mesin turbin terdiri dari beberapa bagian salah satunya rotor yang merupakan bagian berputar terdiri dari poros/ shaft dengan sudu – sudu disekelilingnya. Permasalahan yang terjadi pada turbin uap adalah terjadi kerusakan pada sudu turbin. Maka masalah yang akan dibahas adalah Analisa Kerusakan Sudu Pemutaran Turbin Uap Menggunakan Metode Elemen Berbasis Solidworks. Untuk mengetahui kerusakan yang terjadi pada sudu turbin uap dilakukan simulasi dengan *software Solid Works*. Pada Simulasi kali ini, sudu turbin diberikan tekanan sebesar 20 Bar, sesuai dengan spesifikasi turbin pada tempat dilakukannya study yaitu PT ADIBRATA UNGGUL JAYA. Bahan yang diginakan untuk simulasi adalah Bahan Material AISI 403 SS dan 420 SS. Kerusakan yang terjadi pada sudu dengan material AISI 403 SS dan AISI 420 SS dimulai dari bagian leher sudu turbin uap kemudian merambat kebagian badan sudu. Akibat tekanan uap turbin dan beban yang besar mengakibatkan patahnya sudu dibagian lehernya. Nilai hasil simulasi dengan material AISI 403 SS dengan tekanan 20 Bar menghasilkan nilai von mises *Stress* maksimal akibat tekanan yaitu $7.115e+02$ KgF/Cm² sedangkan nilai maksimal yield strenght adalah $3.161e+03$. Nilai hasil simulasi dengan material AISI 420 SS dengan tekanan 20 Bar menghasilkan nilai von mises *Strees* maksimal akibat tekanan yaitu $7.228e+02$ KgF/Cm² sedangkan nilai maksimal yield strenght $1.407e+04$. Kedua Material aman untuk digunakan karena memiliki nilai diatas batas minimal FOS.

Kata kunci : sudu, aisi 403 ss, aisi 420 ss, von mises stress

ABSTRACT

Turbine is a conversion machine that converts the flow energy of a fluid into motion energy that can be utilized. The turbine engine consists of several parts, one of which is the rotor which is a rotating part consisting of a shaft with blades around it. The problem that occurs in the steam turbine is damage to the turbine blades. So the problem that will be discussed is Damage Analysis of Steam Turbine Rotating Blades Using Solidworks-Based Element Methods. In this simulation, the turbine blade is given a pressure of 20 Bar, in accordance with the turbine specifications at the place where the study was conducted, PT ADIBRATA UNGGUL JAYA. The materials used for the simulation are AISI 403 SS and 420 SS materials. Damage that occurs on blades made of AISI 403 SS and AISI 420 SS materials starts from the neck of the steam turbine blade and then spreads to the blade body. Due to the turbine pressure and the large load, the blade in the neck is broken. the simulation results using AISI 403 SS material with a pressure of 20 Bar produce a maximums Stress value is $115e+02 \text{ KgF/Cm}^2$, while the maximum of yield strenght is $3.161e+03$. The simulation results using AISI 420 SS material with a pressure of 20 Bar produce a maximums Stress value is $7.228e+02 \text{ KgF/Cm}^2$, while the maximum of yield strenght is $1.407e+04$. Both materials are safe to use because they have values above the minimum FOS limit.

Key word : blades, aisi 403 ss, aisi 420 ss, von mises stress

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan SIDANG Tugas Akhir ini yang berjudul “ANALISA KERUSAKAN SUDU PEMUTARAN TURBIN UAP MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA BERBASIS SOLIDWORKS” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Ketua Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik sekaligus Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu Teknik kemesininan kepada saya.
4. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Orang tua penulis Usman dan Maryati yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
6. Ihot Dame Syoritua Gajah, Amrizal, Fajar Habib, Arya Repangg lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Sidang Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan.

Semoga laporan Sidang Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik Mesin.

Medan, 1 September 2023

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'M' followed by a horizontal line and a flourish.

Muzaksir

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Turbin Uap	4
2.1.1 Klasifikasi Turbin Uap	5
2.1.2 Prinsip Kerja Turbin Uap	5
2.1.3 Jenis Sudu	7
2.1.3 Gaya Sentrifugal pada Turbin Uap	9
2.2 Perbedaan besi dan stainless	10
2.2.1 Besi	10
2.2.2 Stainless	13
2.3 Teori Tegangan Von Mises	14
2.4 Perancangan	14
2.4.1 Pengertian Perancangan	14
2.4.2 Tujuan Perancangan	15
2.4.3 Solidworks	15
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat Dan Waktu	18
3.1.1 Tempat	18
3.1.2 Waktu	18
3.2 Alat Dan Bahan	19
3.3 Bagan Alir Penelitian	21
3.4 Racangan Alat penelitian	22
3.5 Prosedur penelitian	22
BAB 4 PEMBAHASAN	
4.1 Proses Analisa Simulasi	26
4.1.1 Proses Simulasi	26
4.1.2 Langkah Langkah Simulasi	28
4.2 Hasil Analisa Simulasi	33

4.2.1 Hasil Analisa Simulasi Material AISI 403 Stainless Steel	33
4.2.1.1 Hasil <i>Stress</i> Material AISI 403 Stainless Steel	33
4.2.1.2 <i>Displacement</i> Material AISI 403 <i>Stainless steel</i>	34
4.2.1.3 Strain Material AISI 403 Stainless steel	35
4.2.1.4 Factor of Safety Material AISI 403 SS	36
4.2.2 Hasil Analisa Simulasi Material AISI 420 Stainless Steel	37
4.2.2.1 Stress Material AISI 420 Stainless Steel	37
4.2.2.2 Displacement Material AISI 420 Stainless steel	38
4.2.2.3 Strain Material AISI 420 Stainless Steel	39
4.2.2.4 Factor of Safety Material AISI 420 SS	39
4.3. Hasil Perbandingan Simulasi Material AISI 403 Stainless Steel Material dengan AISI 420 Stainless Steel	41

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	42
5.2 Saran	42

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR RIWAYAR HIDUP

LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI SIDANG TUGAS AKHIR

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu	18
Tabel 4.1 Hasil Simulasi Nilai Bahan AISI 403 SS	36
Tabel 4.2 Nilai Perhitungan Simulasi Material AISI 420 SS	40
Tabel 4.3 Perbandingan nilai material AISI 403 SS dab AISI 420 SS	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin Uap	4
Gambar 2.2 Ilustrasi Prinsip Kerja Turbin Uap	7
Gambar 2.3 Prinsip Sudu Reaski dan Sudu Impuls	7
Gambar 2.4 Profil dan Karakteristik sudu reasi dan Impuls	8
Gambar 2.5 Besi Hollow	11
Gambar 2.6 Besi Beton	11
Gambar 2.7 Besi Plat	12
Gambar 2.8 Besi CNP	12
Gambar 2.9 Besi UNP	13
Gambar 2.10 Stainless	13
Gambar 3.1 Laptop	18
Gambar 3.2 Solidworks	19
Gambar 3.3 Sudu	19
Gambar 3.4 Turbin Uap	20
Gambar 3.5 Bagan Alir	21
Gambar 3.6 Design Sudu	22
Gambar 3.7 design sudu PT. ADIBERATA UNGGUL JAYA	22
Gambar 3.8 Penampang setelah <i>Fixed Geometry</i>	23
Gambar 3.9 Dialog Spesifikasi Material	24
Gambar 3.10 Hasil Nilai <i>Factor Of Safety</i>	25
Gambar 3.11 Hasil Simulasi	25
Gambar 4.1 Desain Sktesa Sudu	26
Gambar 4.2 Desain Penampang Sudu	27
Gambar 4.3 Desain Poros pada Sudu	27
Gambar 4.4 desain 3D sudu	28
Gambar 4.5 Gambar 3D sudu	28
Gambar 4.6 Dialog Spesifikasi material	29
Gambar 4.7 Penampang setelah <i>fixed Geometry</i>	29
Gambar4.8 Bagian sudu yang diberikan tekanan	30
Gambar 4.9 Tampilan akhir proses simulasi	30
Gambar 4.10 Tampilan <i>Recuit Advisor</i>	31
Gambar 4.11 Dialog <i>Factor of safety Step 1</i>	31
Gambar 4.12 Dialog <i>Factor of Safety Step 2</i>	31
Gambar 4.13 Hasil Nilai <i>Factor of Safety</i>	32
Gambar 4.14 Hasil Simulasi <i>Stress</i> AISI 403 SS	33
Gambar 4.15 <i>Displacement</i> Material AISI 403 SS	34
Gambar 4.16 <i>Strain</i> Material AISI 403 SS	35
Gambar 4.17 <i>Factor of Safety</i> Material AISI 403 SS	36
Gambar 4.18 <i>Stress</i> Material AISI 403 SS	37
Gambar 4.19 <i>Displacement</i> Material AISI 420 SS	38
Gambar 4.20 <i>Strain</i> Material AISI 420 SS	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Turbin merupakan salah satu mesin konversi yang mengubah energi aliran suatu fluida menjadi energi gerak yang dapat dimanfaatkan. Mesin turbin terdiri dari beberapa bagian salah satunya rotor yang merupakan bagian berputar terdiri dari poros/ shaft dengan sudu – sudu disekelilingnya. Tumbukan pada aliran fluida menyebabkan rotor berputar. Turbin uap adalah suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial menjadi energi kinetik dan energi kinetik ini selanjutnya diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin langsung atau dengan bantuan elemen lain, dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan. Tergantung dari jenis mekanisme yang digerakkan turbin uap dapat digunakan pada berbagai bidang industri, seperti untuk pembangkit listrik. (Riyki apriadi ,2016).

Permasalahan yang terjadi pada turbin uap adalah terjadi kerusakan pada daun sudu turbin. Jenis kerusakan ini berupa pengikisan pada daerah daun, sehingga terjadi penipisan dan menyebabkan patahan karena adanya tekanan yang tinggi (Tarmizi, 2011)

Penelitian yang dilakukan oleh Ade Irfansyah (2018) yang meneliti bila kipas mesin turbofan dengan menggunakan elemen hingga didapat model 2D tanpa *scallop* akan menyebabkan umur kipas akan lebih pendek sekitar 5.043 cycle dibanding umur yang ditentukan pabrik yaitu 20.000 cycle. Fatkur Rachmanu (2016) mendesain ulang kekuatan sudu turbin gas *saturn-20* dengan menggunakan elemen hingga didapat bahwa tegangan maksimum yang terjadi $2.01 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ masih dibawah *yield strength* $9.2 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ pada material GTD 111. Alekhya (2018) memodeling dan menganalisis dari sudu turbin uap dengan menggunakan software Catia V5 kemudian model di import ke ANSYS untuk mencari masalah struktural dari sudu turbin dengan menggunakan material baja krom, *haste alloy* dan *inconel* didapat material yang cocok dengan turbin uap adalah *haste alloy*. Dari masalah penelitian diatas maka penelitian ini akan meneliti tentang analisa kerusakan sudu pemutar turbin uap dengan menggunakan metode elemen

hingga yang dilakukan pada sudu turbin tersebut.

Salah satu yang penting dari permesinan adalah sifat mekanik. Sifat mekanik terdiri dari keuletan, kekerasan, kekuatan dan ketangguhan. Sifat mekanik merupakan salah satu acuan untuk melakukan proses selanjutnya terhadap suatu material, untuk mengetahui sifat mekanik pada suatu logam harus dilakukan pengujian terhadap logam tersebut. Dalam pembuatan suatu konstruksi diperlukan material dengan spesifikasi dan sifat-sifat yang khusus pada setiap bagiannya. Material tersebut harus kuat untuk menerima beban di atasnya, material juga harus elastis agar pada saat terjadi pembebanan standart atau berlebih tidak patah. Meskipun dalam proses pembuatannya telah diprediksikan sifat mekanik dari logam tersebut, kita perlu benar-benar mengetahui nilai mutlak dan akurat dari sifat mekanik logam tersebut. Oleh karena itu, sekarang ini banyak dilakukan pengujian-pengujian terhadap sampel dari material. Pengujian ini dimaksudkan agar kita dapat mengetahui besar sifat mekanik dari material, sehingga dapat dilihat kelebihan dan kekurangannya. Material yang mempunyai sifat mekanik lebih baik dapat memperbaiki sifat mekanik (Wawan Trisnadi Putra, 2019).

Pada penelitian ini bertujuan untuk Mengalisa Kerusakan Sudu Pemutaran Turbin Uap Menggunakan Metode Elemen Hingga Berbasis Solidworks agar dapat mengetahui hasil yang diinginkan sesuai kebutuhan.

1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan judul tugas akhir ini maka perumusan masalah yang diperoleh adalah:

1. Bagaimana cara mengetahui kerusakan sudu turbin?
2. Bagaimana cara menentukan parameter pengukuran kegagalan material sudu turbin?
3. Jenis material apa yang sesuai digunakan sebagai sudu turbin?

1.3 Ruang Lingkup

Karena luasnya masalah ilmu tentang simulasi dan experimental kekuatan material terkhusus masalah Turbin Uap, maka masalah yang akan dibahas adalah Analisa Kerusakan Sudu Pemutaran Turbin Uap Menggunakan Metode Elemen Hingga Berbasis Solidworks.

1.4 Tujuan

Berdasarkan latar belakang diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendeteksi kerusakan sudu turbin menggunakan metode elemen hingga berbasis software solidworks.
2. Menyimpulkan hasil von misses yang bekerja pada sudu turbin.
3. Mengkategorikan jenis material yang sesuai digunakan sebagai sudu turbin.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Menambah ilmu pengetahuan khususnya di bagian kekuatan material.
2. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi bagi peneliti lain yang ingin mendalami tentang rancang bangun terkhusus Analisa Kerusakan Sudu Pemutaran Turbin Uap Menggunakan Metode Elemen Hingga Berbasis Solidworks.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

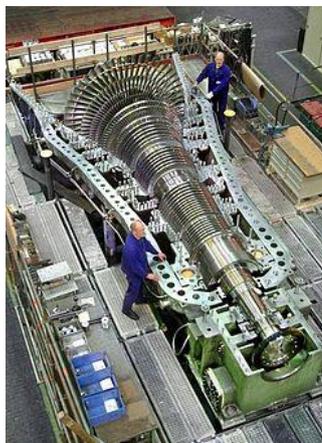
2.1 Turbin Uap

Turbin uap merupakan salah satu mesin konversi energi yang hasil konversi energinya digunakan mesin yang lain untuk mendapatkan hasil daya. Didalam turbin ada beberapa perubahan dari energi potensial uap menjadi energi kinetik kemudian dirubah menjadi energi mekanik pada poros turbin, kemudian energi mekanik dirubah kembali menjadi energi listrik pada generator. (Irfansyah, 2018)

Energi mekanis yang dikeluarkan dalam bentuk putaran poros turbin kemudian dapat secara langsung dengan mendapatkan bantuan dari roda gigi reduksi, kemudian dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan. Turbin uap dipakai sebagai salah satu penggerak mula mesin, seperti menggerakkan pompa, kompresor dan mesin lainnya. apabila dibandingkan dengan penggerak generator listrik yang lainnya, maka turbin uap mempunyai keunggulan sebagai berikut:

1. Pemanfaatan panas yang lebih baik.
2. Pengendalian putaran yang lebih gampang.
3. Tidak mengeluarkan loncatan bunga api listrik.
4. Uap bekasnya dapat dimanfaatkan lagi atau untuk proses.

Siklus yang terjadi pada turbin uap adalah siklus rankine, yaitu berupa siklus tertutup, yang uap bekas dari turbin digunakan kembali dengan mendinginkannya pada kondensor, setelah itu dialirkan kembali ke pompa



Gambar 2.1 Mesin uap (Irfansyah, 2018)

2.1.1 Klasifikasi Turbin Uap

Turbin uap dapat diklasifikasikan ke dalam kategori yang berbeda yang tergantung pada jumlah tingkat tekanan, arah aliran uap, proses penurunan kalor, kondisi uap pada sisi masuk turbin dan pemakaiannya dibidang industri. Adapun klasifikasinya antara lain :

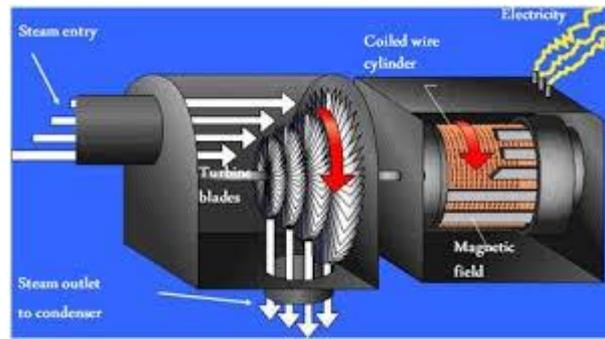
1. Menurut jumlah tingkat tekanan
 - a. Turbin satu tingkat dengan satu atau lebih tingkat kecepatan, yaitu turbin yang biasanya berkapasitas kecil dan turbin ini kebanyakandipakai untuk menggerakkan kompresor sentrifugal.
 - b. Turbin impuls, yaitu tingkat yang dibuat dalam jangka kapasitas yang luas mulai dari yang kecil sampai yang besar.
2. Menurut arah aliran uap
 - a. Turbin aksial, yaitu turbin yang uapnya mengalir dalam arah yangsejajar terhadap sumbu turbin.
 - b. Turbin radial, yaitu turbin yang uapnya mengalir dalam arah yangtegak lurus terhadap sumbu poros.
3. Menurut jumlah silinder
 - a. Turbin silinder tunggal
 - b. Turbin silinder ganda
 - c. Turbin tiga silinder
 - d. Turbin empat silinder
4. Menurut metode pengaturan, terdiri dari beberapa pengaturan :
 - a. Turbin yang pengaturan pencekikan (*throttling*), dalam proses ini uap panas lanjut yang dihasilkan dari ketel masuk melewati satu atau lebih katup pencekik yang dioperasikan secara bersamaan.
 - b. Turbin dengan proses pengaturan nosel dimana uap segarnya masuk kedalam melewati dua atau lebih pengatur pembuka yang beraturan.
 - c. Turbin yang pengaturan langkah (*by-pass governing*), yang uap panas lanjutnya yang keluar melalui ketel disamping kemudian dialirkan ke tingkat pertama, kemudian langsung dialirkan ke satu, dua, atau hingga tiga tingkat menengah turbin tersebut.
5. Menurut prinsip kerja aksi uap, terdiri dari beberapa poin:

- a. Turbin impuls, yang energi potensial uapnya dirubah menjadi energi kinetik dalam nozel atau jalur yang dibentuk dari sudu-sudu diam yang berdampingan, dan didalam sudu-sudu gerak, energi kinetik uap dirubah jadi energi mekanis.
- b. Turbin reaksi aksial yang ekspansi uapnya diantara jalur sudu, baik sudu pengarah maupun sudu gerak.
- c. Turbin reaksi radial tanpa sudu pengarah yang diam.
- d. Turbin reaksi radial dengan sudu pengarah yang diam.

2.1.2 Prinsip Kerja Turbin Uap

Secara singkat prinsip kerja turbin uap adalah sebagai berikut :

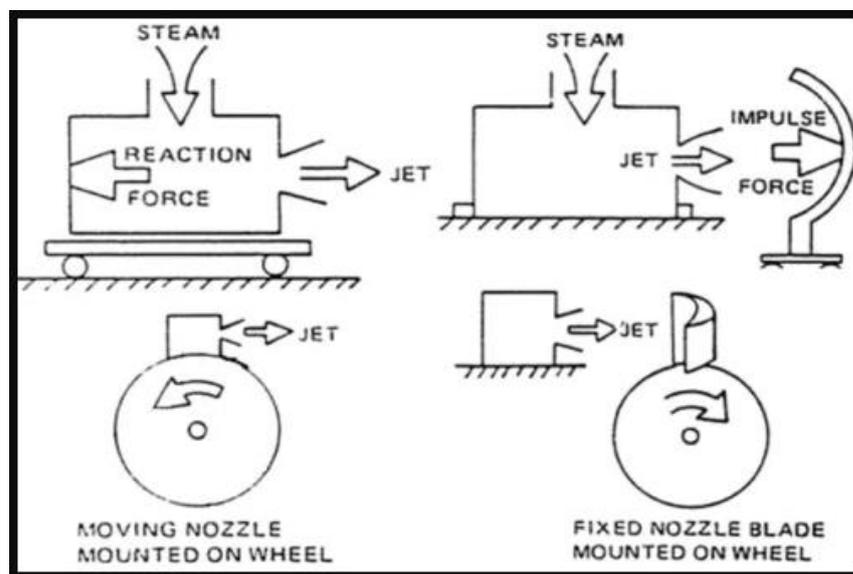
1. Uap masuk kedalam turbin melalui nosel. Didalam nosel energi panas dari uap dirubah menjadi energi kinetis dan uap mengalami pengembangan. Tekanan uap pada saat keluar dari nosel lebih kecil dari pada saat masuk ke dalam nosel, akan tetapi sebaliknya kecepatan uap keluar nosel lebih besar dari pada saat masuk ke dalam nosel. Uap yang memancar keluar dari nosel diarahkan ke sudu-sudu turbin yang berbentuk lengkung dan dipasang disekeliling roda turbin. Uap yang mengalir melalui celah-celah antara sudu turbin itu dibelokkan ke arah mengikuti lengkung dari sudu turbin. Perubahan kecepatan uap ini menimbulkan gaya yang mendorong dan kemudian memutar roda dan poros turbin.
2. Jika uap masih mempunyai kecepatan saat meninggalkan sudu turbin berarti hanya sebagian yang energi kinetis dari uap yang diambil oleh sudu-sudu turbin yang berjalan. Supaya energi kinetis yang tersisa saat meninggalkan sudu turbin dimanfaatkan maka pada turbin dipasang lebih dari satu baris sudu gerak. Sebelum memasuki baris kedua sudu gerak. Maka antara baris pertama dan baris kedua sudu gerak dipasang satu baris sudu tetap (*guide blade*) yang berguna untuk mengubah arah kecepatan uap, supaya uap dapat masuk ke baris kedua sudu gerak dengan arah yang tepat.
3. Kecepatan uap saat meninggalkan sudu gerak yang terakhir harus dapat dibuat sekecil mungkin, agar energi kinetis yang tersedia dapat dimanfaatkan sebanyak mungkin. Dengan demikian efisiensi turbin menjadi lebih tinggi karena kehilangan energi relatif kecil. (Indrani, 2013)



Gambar 2.3 Ilustrasi Prinsip kerja Turbin Uap (Indrani,2013)

2.1.3 Jenis Sudu Turbin

Berdasarkan tekanan uap yang digunakan untuk menggerakkan roda/rotor turbin sebelum masuk dan setelah keluar dari sudu-sudu yang terpasang pada roda tersebut, maka dikenal sudu impuls dan sudu reaksi. Turbin uap untuk pembangkit listrik saat ini umumnya terdiri dari kombinasi kedua macam sudu tersebut. Pada Gambar dibawah dapat dilihat prinsip sudu Reaksi dan sudu impuls. (Arimunandar, 1997)



Gambar 2.4 Prinsip Sudu Reaksi dan Sudu Impuls (Arimunandar, 1997)

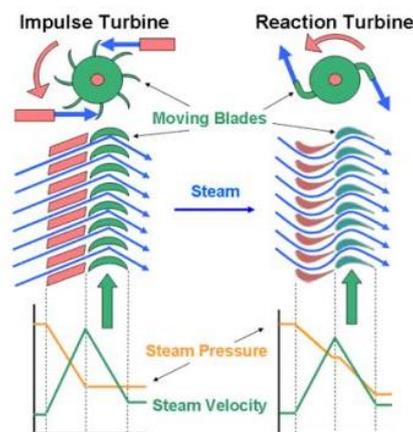
A.Sudu Impuls

Sudu impuls juga disebut sudu aksi atau sudu tekanan tetap, adalah sudu dimana uap mengalami ekspansi hanya dalam sudu-sudu tetap. Sudu-sudu tetap berfungsi sebagai nosel (saluran pancar) sehingga uap yang melewati akan

mengalami peningkatan energi kinetik. Uap dengan kecepatan tinggi selanjutnya akan membentur (impuls) sudu-sudu gerak. Benturan antara uap dengan sudu gerak ini menimbulkan gaya yang mengakibatkan poros turbin berputar. Setelah memutar sudu gerak, selanjutnya uap diarahkan masuk ke dalam sudu tetap baris berikutnya. Selama melintasi sudu gerak tekanan dan entalpi uap tidak berubah. Dengan demikian pada sudu impuls penurunan tekanan dan energi panas uapnya terjadi pada sudu-sudu tetap atau nosel. (Arimunandar, 1997)

B. Sudu Reaksi

Dalam suatu turbin yang terdiri dari 100 % sudu-sudu reaksi, maka sudu-sudu gerak juga berfungsi sebagai nosel-nosel sehingga uap yang melewatinya akan mengalami peningkatan kecepatan dan penurunan tekanan. Peningkatan kecepatan ini akan menimbulkan gaya reaksi yang arahnya berlawanan dengan arah kecepatan uap. Pada Gambar dibawah dapat dilihat perbedaan sudu turbin Reaksi dan Impuls. (Arimunandar, 1997)



Gambar 2.5 Profil dan Karakteristik Sudu Reaksi dan Impuls
(Arimunandar, 1997)

Gaya reaksi pada sudu gerak inilah yang akan memutar poros turbin. Uap selanjutnya dialirkan ke sudu tetap yang berfungsi untuk mengarahkan uap ke sudu gerak baris berikutnya. Sudut dan profil sudu-sudu dibuat sedemikian rupa sehingga apabila turbin berputar pada kecepatan rancangannya uap akan mengalir

dengan mulus melewati sudu-sudu tersebut sehingga dapat menurunkan erosi sampai pada tingkat minimum. Pada sebuah roda/poros turbin sudu-sudu yang terpasang pada roda tersebut bisa terdiri dari satu baris sudu atau beberapa baris sudu. Setiap baris sudu terdiri dari sudu yang disusun melingkari roda turbin masing-masing dengan bentuk dan ukuran yang sama. Turbin dengan hanya satu baris sudu yang terpasang pada rotornya dinamai turbin bertingkat tunggal. Sedangkan turbin dengan beberapa baris sudu-sudu yang terpasang pada rotornya dinamai turbin bertingkat banyak (multi stages). Ditinjau dari tekanan uap meninggalkan turbin, maka dapat dibedakan menjadi turbin kondensasi (condensing turbine) dan turbin tekanan lawan (back pressure turbine). Turbin kondensasi adalah turbin yang saluran keluarnya dihubungkan dengan kondensor, sehingga tekanan uap pada saluran keluar lebih kecil dari 1 atmosfer, sedangkan turbin tekanan lawan adalah turbin yang tekanan uap keluarnya di atas tekanan atmosfer. Turbin tekanan lawan jarang sekali digunakan. (Arimunandar, 1997)

2.1.4 Gaya Sentrifugal pada Turbin Uap

Gaya sentrifugal adalah gaya percepatan yang muncul secara sederhana dari percepatan rotasi kerangka acuan. Untuk mencari gaya sentrifugal untuk gayapada sudu digunakan rumus sebagai berikut

$$C_b = \frac{G}{g} \times r \times \omega^2 \dots \dots \dots (2.1)$$

(Shlyakhin, Turbin Uap, Hal 288)

Dimana :

- C_b = gaya sentrifugal sudu (kg)
- G = bobot sudu (kg)
- g = percepatan gravitasi (cm/s²)
- r = jari-jari diameter cakram (cm)
- ω = kecepatan sudut (rad/s) Bobot Sudu

$$G = \frac{z \times \pi \times r}{z} \times b \times l \times \rho \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

- r = jari-jari diameter cakram (cm)
- z = jumlah sudu
- b = lebar sudu (cm)
- t = tinggi sudu (cm)
- ρ = massa jenis bahan (kg/cm²)

2.2.5 Jenis kerusakan sudu

Turbin uap banyak diaplikasikan pada pembangkit listrik tenaga (PLTU). Komponen utama PLTU adalah steam turbine (turbin uap) dimana turbin ini terdiri dari low pressure dan high pressure. Permasalahan yang sering terjadi pada steam turbine blade turbin berkarat, banyaknya deposit yang menumpuk dikarenakan kualitas uap yang buruk dan karena vibrasi berlebihan pada blade turbin. Kualitas uap ini berasal dari air boiler uap yang akan menyebabkan perputaran turbin unbalance / tidak seimbang dan lama kelamaan akan merusak sudu turbin. Akan tetapi vibrasi / getaran dipengaruhi oleh komponen-komponen pendukung lain pembengkokan poros/ imbalance shaft pada turbin dikarenakan oleh torsional vibration yang merupakan proses dimana bagian pusat badan turbin yang diputar pada saat terjadinya proses perputaran terjadi pula gaya listrik gaya lintang tertentu yang arahnya sama dengan rotasi poros. Penyebab umum terjadinya getaran dikarenakan pemilihan bahan dan material yang digunakan tidak sesuai dengan standarisasi turbin, cara pemasangan tidak tepat sempurna, perbedaan ukuran laluan sudu yang dapat terjadi akibat ketidakteelitian saat perakitan atau pembuatan, adanya benda asing yang turun dalam aliran fluida yang mengakibatkan ketidakseimbangan keenergi turbin dan putaran turbin dan kerusakan-kerusakan fisik. Kerusakan fisik ini berupa keropos pada komponen turbin, perubahan bentuk pada komponennya, turbin suara daduh penurunan kecepatan rotasi turbin, penurunan kecepatan putaran torsional poros generator, penurunan efisiensi turbin dan daya merupakan produksi juga ikut menurun. (ema indah ptiwi 2014)

2.2 Perbedaan besi dan stainless

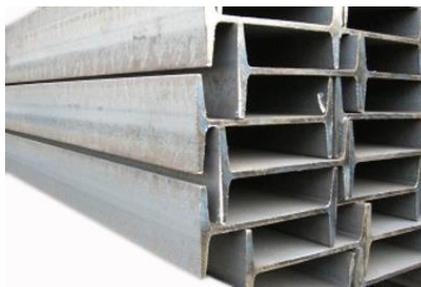
Banyak orang yang belum tahu perbedaan dari stainless dan besi. Secara umum dua bahan material ini sama-sama memiliki fisik yang keras dan kuat. Namun jika kita memperhatikan lebih dekat lagi, banyak perbedaan yang signifikan. Sebelum mencari tahu perbedaannya, mari kita pahami dulu apa itu stainless dan apa itu besi.

2.2.1 Besi

Besi merupakan logam berat yang dibutuhkan dimana zat ini dibutuhkan dalam proses untuk menghasilkan oksidasi enzim cytochrome dan pigmen pernapasan (haemoglobin). Logam ini akan menjadi racun apabila keadaannya terdapat dalam konsentrasi di atas normal (Ika, 2012). Besi adalah logam yang berasal dari bijih besi (tambang) yang banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari – hari. Besi terdapat beberapa jenis yang dapat anda sesuaikan dengan kebutuhan anda, antaranya:

1. Besi Hollow

Besi hollow atau yang kadang-kadang kita sebut juga dengan 'besi holo' adalah besi berbentuk batangan yang berongga. Berupa pipa berbentuk kotak ini banyak kita gunakan dalam konstruksi, baik sebagai rangka besi plafon maupun rangka tembok partisi untuk rumah maupun gedung



Gambar 2.6 Besi hollow (Ika, 2012).

2. Besi Beton

Besi beton merupakan besi yang digunakan untuk penulangan konstruksi beton atau yang lebih dikenal sebagai beton bertulang. Beton bertulang yang mengandung batang tulang dan direncanakan berdasarkan anggapan bahwa bahan tersebut bekerja bersamaan dalam memikul gaya gaya.



Gambar 2.7 Besi Beton (Ika, 2012).

3. Besi Plat

Besi Plat Adalah bahan baku dalam pembuatan berbagai macam mesin dan kebutuhan industri lainnya. seperti pembuatan mobil, kapal dan berbagai macam alat transportasi.



Gambar 2.8 Besi Plat (Ika, 2012).

4. Besi CNP

Besi kanal CNP merupakan besi dengan ukuran yang panjang, di mana besi ini memiliki bentuk seperti huruf C. Kegunaan besi ini banyak digunakan dalam bidang konstruksi sebagai rangka atap, bidang industri, dan bidang otomotif.



Gambar 2.9 Besi CNP (Ika, 2012).

5. Besi UNP

Profil L atau besi UNP memiliki bentuk yang siku memanjang dengan tipe 2 jenis tipe, yaitu siku sama kaki dan siku tidak sama kaki. Besi UNP ini biasanya dijual dalam bentuk lonjoran sepanjang 6 meter. Profil ini tersedia dalam berbagai macam ukuran dari lebar 3 hingga 15 cm. Besi UNP cocok diaplikasikan dalam konstruksi teknik dan penggunaannya seperti untuk pembuatan rangka mesin, konstruksi tangga, tower dan membuat rak. Kelemahan dari besi bentuk ini adalah pada kekuatannya dalam menahan beban yang besar karena rawan mengalami tekukan, sehingga kurang tepat untuk menahan konstruksi dengan beban yang berat. Jenis besi UNP yang ada di pasaran biasanya profil L dengan kode JIS SS400 (ASTM A283).



Gambar 2.10 Besi UNP (Ika, 2012).

2.3.2 Stainless

Stainless adalah adalah paduan logam yang lebih disukai untuk membuat peralatan dapur, karena tidak mempengaruhi rasa makanan. Permukaan peralatan stainless steel yang mudah dibersihkan. Sering disebut juga dengan baja tahan karat karena sangat tahan terhadap noda (berkarat). Stainless steel dapat bertahan dari serangan karat berkat interaksi bahan-bahan campurannya dengan alam. Stainless steel terdiri dari besi, krom, mangan, silikon, karbon dan seringkali nikel and molibdenum dalam jumlah yang cukup banyak. (Arga Jeremia, 2020). Stainless Steel merupakan baja tahan karat austenitik dan feritik, yang terdiri dari paduan logam Fe dan Cr dan Ni yang memberikan sifat mekanik yang baik dan ketahanan terhadap korosi pada temperatur yang tinggi (Hendra Prihatnadi, 2010).



Gambar 2.11 Stainless (Hendra Prihatnadi, 2010).

2.3 Teori Tegangan Von Mises

Kriteria yield dari von Mises menunjukkan bahwa pencapaian batas kekuatan bahan dimulai ketika invariasi (resultan) tegangan deviatorik kedua J_2 mencapai nilai kritis k . Untuk alasan ini, kadang-kadang disebut plastisitas- J_2 atau teori aliran J_2 . Ini adalah bagian dari sebuah teori plastisitas yang berlaku terbaik untuk bahan ulet, seperti logam. Sebelum hasil, respon material diasumsikan elastis. Dalam ilmu rekayasa material, kriteria yield von Mises dapat juga diformulasikan dalam bentuk tegangan von Mises atau stres tarik equivalent (σ_v), nilai skalar stres yang dapat dihitung dari tensor stres. Dalam hal ini, material dikatakan untuk memulai batas yield ketika tegangan von Mises mencapai nilai kritis yang dikenal sebagai kekuatan luluh, (σ_y). Von Mises stress digunakan untuk memprediksi batas kekuatan bahan dalam setiap kondisi pembebanan dari hasil tes sederhana tarik uniaksial. Tegangan von Mises memenuhi keadaan yang menyatakan dua arah tegangan dengan energi distorsi yang sama telah menyamai stres von Mises.

2.4 Perancangan

2.4.1 Pengertian Perancangan

Perancangan adalah suatu proses yang bertujuan untuk menganalisis, menilai memperbaiki dan menyusun suatu sistem, baik sistem fisik maupun non fisik yang optimum untuk waktu yang akan datang dengan memanfaatkan informasi yang ada.

Perancangan merupakan salah satu hal yang penting dalam membuat program. Adapun tujuan dari perancangan ialah untuk memberi gambaran yang

jasas lengkap kepada pemrogram dan ahli teknik yang terlibat. Perancangan harus berguna dan mudah dipahami sehingga mudah digunakan. Perancangan adalah Sebuah Proses untuk mendefinisikan sesuatu yang akan dikerjakan dengan menggunakan teknik yang bervariasi serta di dalamnya melibatkan deskripsi mengenai arsitektur serta detail komponen dan juga keterbatasan yang akan dialami dalam proses pengerjaannya. Perancangan harus berguna dan mudah dipahami sehingga mudah digunakan. (M.Yani, 2019)

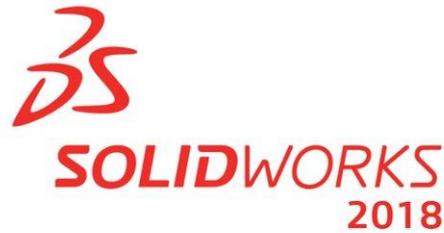
Perancangan alat bantu, metode, dan teknik yang diperlukan untuk memperbaiki efisiensi dan produktivitas suatu proses manufaktur. Desain sendiri adalah suatu disiplin atau mata pelajaran yang tidak hanya mencakup eksplorasi visual, tetapi terkait dan mencakup pula dengan aspek-aspek seperti kultural sosial, filosofi, teknis dan bisnis. Aktivitasnya termasuk dalam desain grafis, desain industry, arsitektur, desain interior, desain produk dan profesi-profesi lainnya

2.4.2 Tujuan Perancangan

Tujuan dari perancangan adalah untuk menghasilkan alat yang memiliki stukturisasi perancangan yang akurat dan sesuai dengan yang telah ditentukan jika tahap perancangan kita lakukan dengan baik dan memenuhi standar yang ditentukan, maka alat yang dirancang akan beroperasi sesuai harapan. Namun jika pada tahapan ini, kita sudah tidak mematuhi aturan walaupun sekecil apapun maka hasil yang akan diperoleh tentu tidak akan sebaik yang kita harapkan.

2.4.3 Solidworks

Solidworks merupakan software yang digunakan untuk merancang suatu produk, mesin atau alat. Solidworks pertama kali diperkenalkan pada tahun 1995 sebagai pesaing untuk program CAD SIDANG Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII 2019 ISSN (print): 2686-0023 Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya ISSN (online): 2685-6875 - 576 - seperti Pro-Engineer, NX Siemens, I-Deas, Unigraphics, Autodesk Inventor, Autodesk AutoCAD dan CATIA. Solidworks Corporation didirikan pada tahun 1993 oleh Jon Hirschtick, dengan merekrut tim insinyur profesional untuk membangun sebuah perusahaan yang mengembangkan perangkat lunak CAD 3D, dengan kantor pusatnya di Concord, Massachusetts, dan merilis produk pertama, Solidwork 95, pada tahun 1995. (Imam Sungkono,2019).



Gambar 2.12 Solidworks (Randis, 2021)

Pembuatan desain gambar yang dibuat dimulai dengan membuat gambar setiap komponen yang ada dengan menggunakan software Solidworks. Setiap komponen digambar 3D (Gambar 2), untuk menghasilkan gambar desain yang mudah untuk dipahami. Setiap bagian di gambar sesuai ukuran yang sudah ditentukan agar sesuai dan mudah agar lebih mudah dalam pengujian beban statis menggunakan simulasi pada solidworks. Hasil dari pengujian akan di analisa agar mendapatkan kesimpulan. (Randis, 2021)

Solidworks simulasi memungkinkan untuk melakukan uji produk sebelum mulai dibuat, membantu mencegah kesalahan lebih awal pada proses desain. Aplikasi ini sangat berguna untuk analisis FEA, namun cukup mudah untuk designers produk. SOLIDWORKS Simulation bahkan bisa membantu untuk mengoptimalkan kinerja dan biaya desain dengan maksimal. SOLIDWORKS mencakup *tools* utama yang diperlukan untuk menguji desain, baik bagi yang baru pernah melakukan analisis maupun yang sudah berpengalaman.

Computer Aided Design adalah suatu program komputer untuk menggambar suatu produk atau bagian dari suatu produk. Produk yang ingin digambarkan bisa diwakili oleh garis-garis maupun simbol-simbol yang memiliki makna tertentu. CAD bisa berupa gambar 2 dimensi dan gambar 3 dimensi. (Khairul Umurani, 2018). Untuk membuat sebuah model 3D yang solid kita harus membuat sketchnya terlebih dahulu. Model 3D berupa component kemudian dirakit menjadi sebuah gambar rakitan dengan menu assembly. setelah gambar component atau dan assembly jadi maka dibuat gambar kerjanya menggunakan fasilitas drawing. (Saian Nur Fajri, 2016)

Beberapa keunggulan membuat gambar teknik menggunakan solidworks sebagai berikut :

1. Software ini cukup mudah dioperasikan
2. Dapat membantu mengurangi kesalahan dalam mendesain
3. Dapat mensimulasikan gerakan hasil desain
4. Dapat menganalisis tegangan, beban, pengaruh suhu, cuaca, dan sebagainya hasil desain dengan mudah tanpa menggunakan software lain.
5. Dapat membuat program untuk proses manufaktur dengan CNC atau robot industri dengan bantuan software master lain seperti mastercam, robotcam, delcam, dsb.
6. Biaya produksi yang harus dikeluarkan menjadi berkurang karena proses yang terencana.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat dilakukannya studi Analisa Kerusakan Sudu Pemutaran Turbin Uap Menggunakan Metode Elemen Hingga Berbasis Solidworks yaitu di lakukan di PT . ADIBRATA UNGGUL JAYA.

3.1.2 Waktu

Pengujian dilakukan setelah mendapat persetujuan dari pembimbing hingga selesai.

No	Kegiatan Penelitian	Bulan							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Pengajuan Judul								
2	Studi literatur								
3	Penyusunan BAB 1 s/d BAB 3								
4	Penulisan laporan								
5	Seminar Proposal								
6	Hasil Rancangan								
7	Seminar Hasil								
8	Sidang Sarjana								

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

1. Laptop

Spesifikasi laptop yang di gunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Laptop

1. Processor : INTEL CORE i3
2. RAM : 8 GB
3. Operation system : Windows 10 64 bit operation system

2. Software solidworks

Softwere solidworks yang sudah terinstal pada laptop adalah solidworks 2018 64 bit yang di dalamnya terdapat skech gambar 3D dengan persyaratan system pada computer adalah sebagai berikut :

1. Processor : INTEL COREi5
2. RAM : 4 GB or More.
3. Disk Space: 500 GB or More.



Gambar 3.2 Solidworks 2018

3. Sudu

Sudu pada turbin uap milik PT . ADIBRATA UNGGUL JAYA digunakan untuk sebagai acuan design simulasi. Desain geometri sudu turbin dibuat dengan menggunakan *software* Solidworks yang yang disesuaikan dengan data atau ukuran sudu turbin dari mesin trubin uap di PT . ADIBRATA UNGGUL JAYA .



Gamar 3.3 Sudu

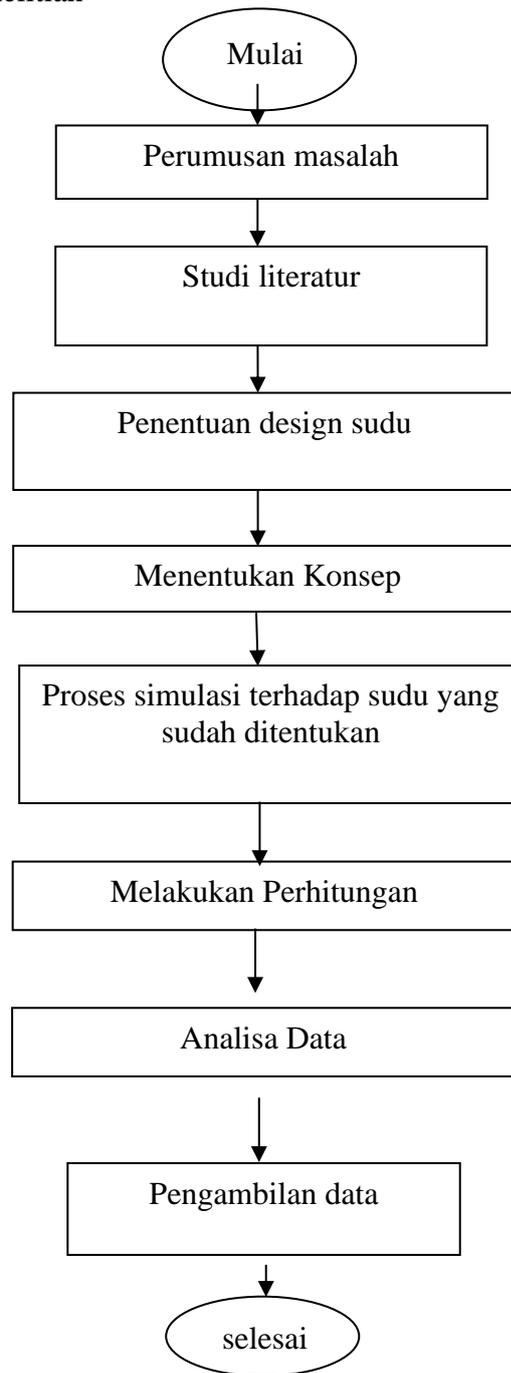
Untuk spesifikasi turin uap yang digunakan ialah sebagai berikut :

Inlet Pressure	: 20 bar
InletTemperature	: 399 C
Trip Speed	: 5260 rpm
Daya	: 1063 HP
Exhaust pressure	: 6.9 kg/cm ²
Exhaust Temperature	: 226 C



Gambar 3.4 Turbin Uap PT . ADIBRATA UNGGUL JAYA

3.3 Bagan Alir Penelitian



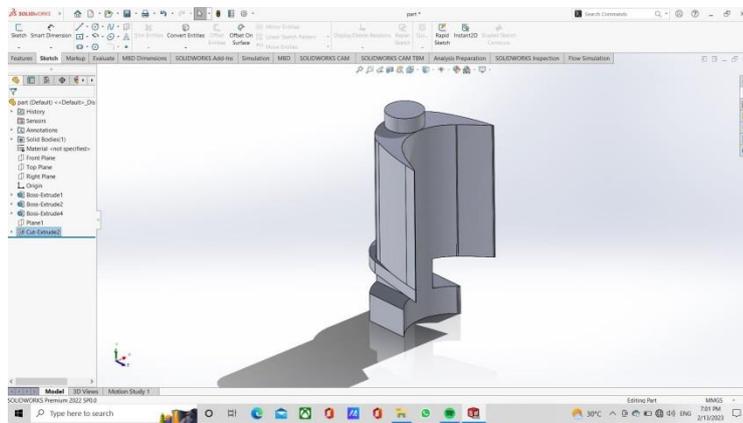
Gambar 3.5 Bagan Alir Penelitian

3.4 Rancangan Alat Penelitian

Adapun langkah-langkah perancangan sudu adalah sebagai berikut:

1. Mencari referensi atau literatur yang berkaitan tentang sudu pada turbin Uap di PT . ADIBERATA UNGGUL JAYA
2. Membuat rancangan sudu dengan menggunakan *software* Solidwork
3. Melakukan Simulasi

Berikut design sudu yang akan digunakan :

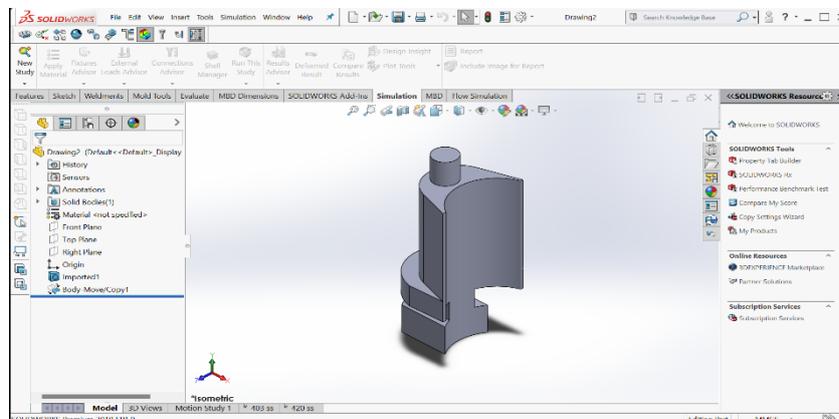


Gambar 3.6 design sudu

3.5 Prosedur penelitian

Prosedur Penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut:

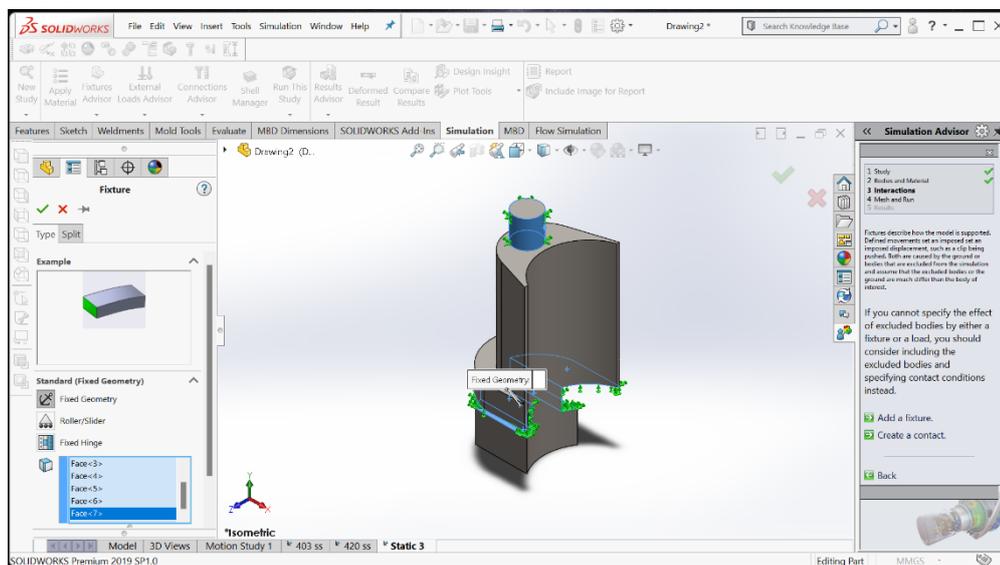
1. Membuat design sudu sesuai dengan sudu turbin uap pada PT. ADIBERATA UNGGUL JAYA



Gambar 3.7 design sudu PT. ADIBERATA UNGGUL JAYA

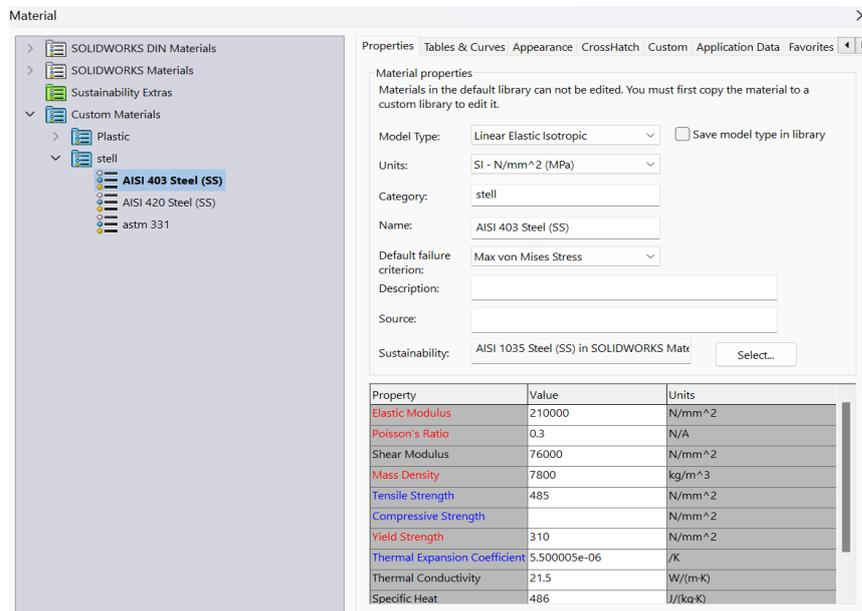
- a. Desain 2D sudu dengan pandangan atas, dengan menu *sketch* kemudian, pilih menu *3 point arc* untuk membuat sketsa lengkungan dan pilih *line*.
- b. Membuat sketsa kemudian pilih *Smart dimension* untuk membuat ukuran.
- c. Langkah selanjutnya membuat 3D dengan mengklik *Features* kemudian *Extruded Boss/Base*. Kemudian memberikan ukuran
- d. Pilih Bagian atas gambar, dengan menu *sketch* kemudian, pilih menu *3 point arc* untuk membuat sketsa lengkungan dan pilih *line*.
- e. Membuat sketsa kemudian pilih *Smart Dimension* untuk membuat ukuran.
- f. Langkah selanjutnya membuat 3D dengan mengklik *Features* kemudian *Extruded BoSS/Base*. Kemudian memberikan ukuran
- g. Hasil 3D desain sudu turbin seperti gambar

2. Menentukan Geometri sudu untuk dilakukannya simulasi Analisa Beban



Gambar 3.8 Penampang setelah *Fixed Geometry*

3. Memilih material yang sesuai pada sudu turbin uap pada PT. ADIBERATA UNGGUL JAYA

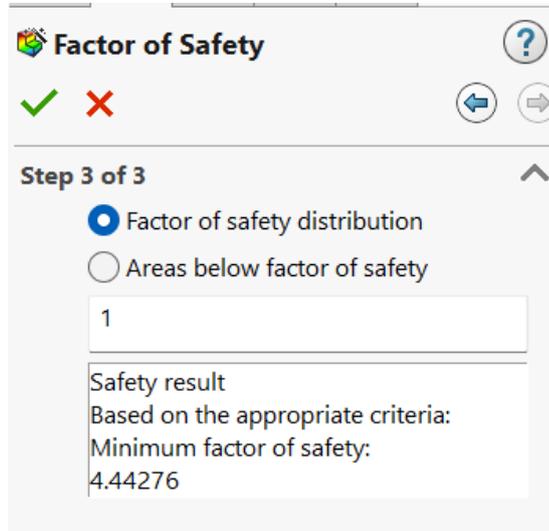


Gambar 3.9 Dialog Spesifikasi Material

- a. Material AISI 403 Stainless Steel
 - b. Material AISI 420 Stainless Steel
4. Input data pada design sudu untuk mendapatkan hasil yang diinginkan
- a. Setelah desain 3D selesai, pilih *Simulation* > Kemudian *New Study* > Pilih *Static*
 - b. Langkah selanjutnya yaitu *Apply Material*
 - c. Pilih Material yang akan disimulasikan, Spesifikasi material akan muncul pada kotak dialog. Kemudian *Apply* kemudian *Close*.
 - d. Langkah selanjutnya yaitu *Fixtures Advisor* > *Fixed Geometry* Kemudian
 - e. Selanjutnya pilih *External Loads Advisor* > *PreSSure*. Pada *Pressure Value* Pilih Satuan KgF/Cm^2
 - f. Masukkan nilai tekanan 20 Bar = $20,3943 \text{ KgF}/\text{Cm}^2$
 - g. Kemudian pilih bagian sudu yang akan diberi tekanan.
5. Melakukan Messing untuk menentukan kerapatan material pada sudu
- h. Kemudian pilih *Run This Study*, Tunggu proses simulasi selesai.
 - i. Untuk mendapatkan nilai *Factor of Safety*, pilih *Result Advisor*,

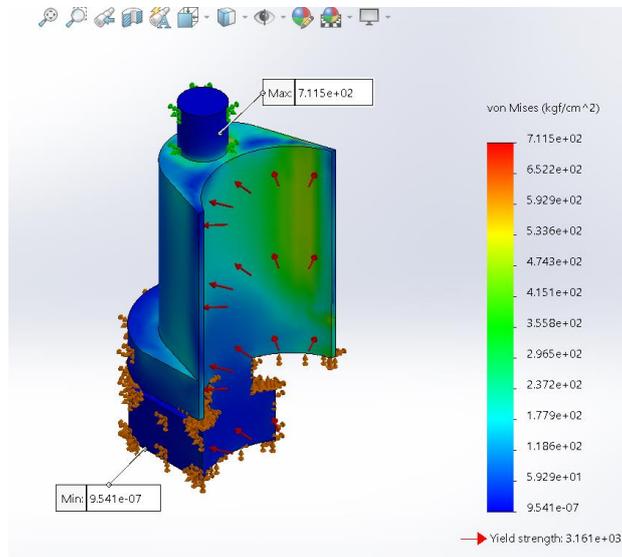
kemudian *New Plot, Factor Of Safety*

- j. Pada *Factor of Safety* pilih *next*
- k. Masukkan nilai factor '1' kemudian pilih *next*,
- l. Maka akan keluar nilai *Factor Of Safety > Ceklist*



Gambar 3.10 Hasil Nilai *Factor Of Safety*

6. Mendapatkan hasil simulasi dan Analisa



Gambar 3.11 Hasil Simulasi

7. Perbandingan hasil simulasi kedua material

BAB 4 PEMBAHASAN

4.1. Proses Analisa Simulasi

Untuk mengetahui kerusakan yang terjadi pada sudu turbin uap dilakukan simulasi dengan *software Solid Works*. Penggambaran spesimen dibuat menggunakan *software Solid Works* yang bertujuan untuk mencegah *error* pada saat mesh di *generate*.

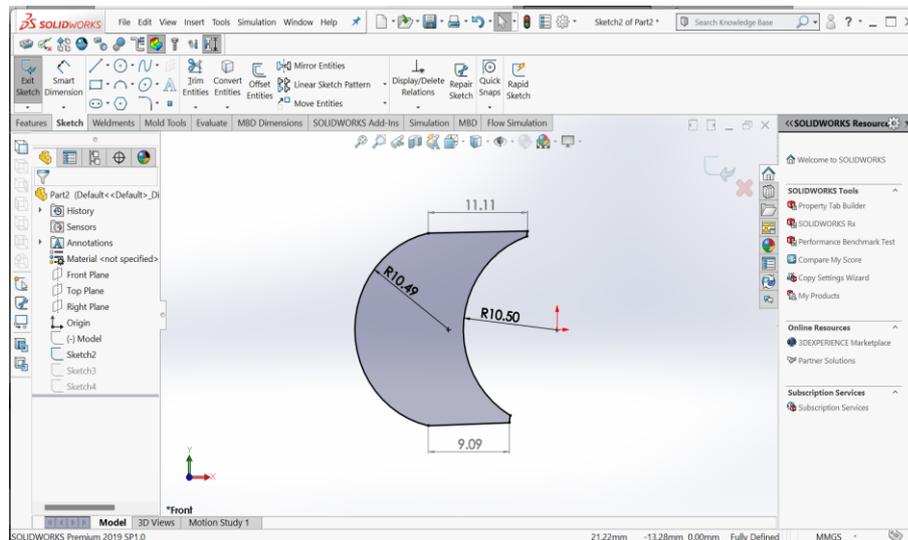
Pada Simulasi kali ini, sudu turbin diberikan tekanan sebesar 20 Bar, sesuai dengan spesifikasi turbin pada tempat dilakukannya study yaitu PT . ADIBRATA UNGGUL JAYA.

4.1.1. Proses Simulasi

4.1.1.1. Desain Sudu Turbin

Desain sudu turbin dengan pandangan atas akan disimulasikan adalah sebagai berikut:

- h. Desain 2D sudu dengan pandangan atas, dengan menu *sketch* kemudian, pilih menu *3 point arc* untuk membuat sketsa lengkungan dan pilih *line*.
- i. Membuat sketsa seperti gambar 4.1, kemudian pilih *Smart dimension* untuk membuat ukuran.

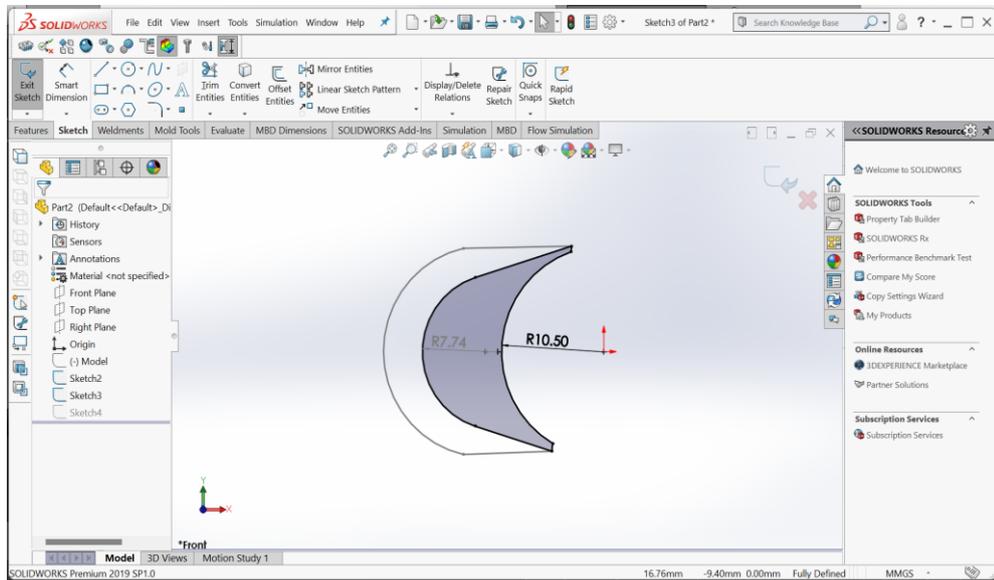


Gambar 4.1 Desain Sketsa Sudu

- j. Langkah selanjutnya membuat 3D dengan mengklik *Features* kemudian *Extruded Boss/Base*. Kemudian memberikan ukuran 17.9 mm.
- k. Pilih Bagian atas gambar, dengan menu *sketch* kemudian, pilih menu *3*

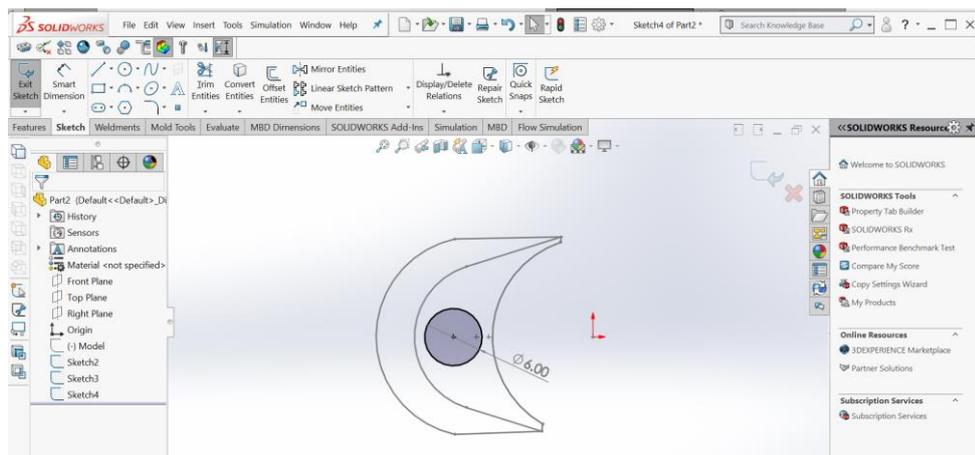
point arc untuk membuat sketsa lengkungan dan pilih *line*.

1. Membuat sketsa seperti gambar 4.2, kemudian pilih *Smart Dimension* untuk membuat ukuran.



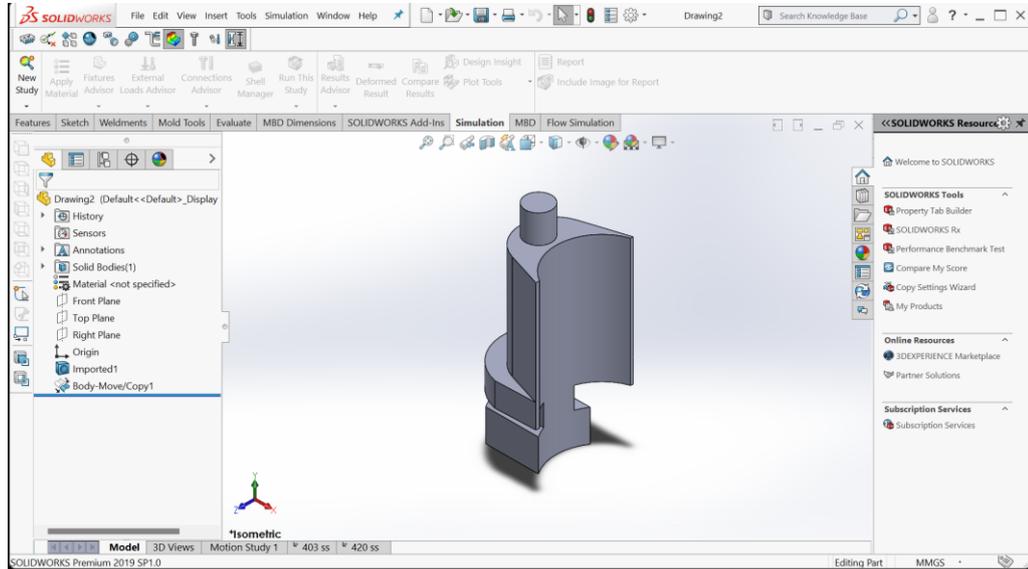
Gambar 4.2 Desain penampang sudu

- m. Langkah selanjutnya membuat 3D dengan mengklik *Features* kemudian *Extruded Boss/Base*. Kemudian memberikan ukuran 24 mm.
- n. Pada Bagian atas gambar, dengan menu *sketch* kemudian, pilih menu *circle* untuk membuat sketsa lingkaran.
- o. Membuat sketsa seperti gambar 4.3, kemudian pilih *Smart Dimension* untuk membuat ukuran.



Gambar 4.3 Desain poros pada sudu

- p. Langkah selanjutnya membuat 3D dengan mengklik *Features* kemudian *Extruded BoSS/Base*. Kemudian memberikan ukuran 6.5 mm.
- q. Hasil 3D desain sudu turbin seperti gambar 4.4 berikut.

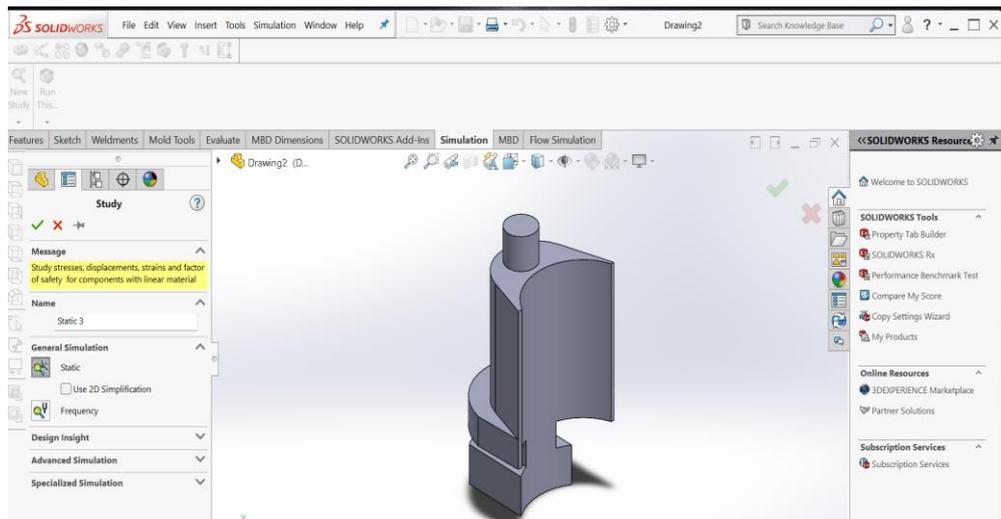


Gambar 4.4 desain 3D Sudu

4.1.2. Langkah Langkah Simulasi

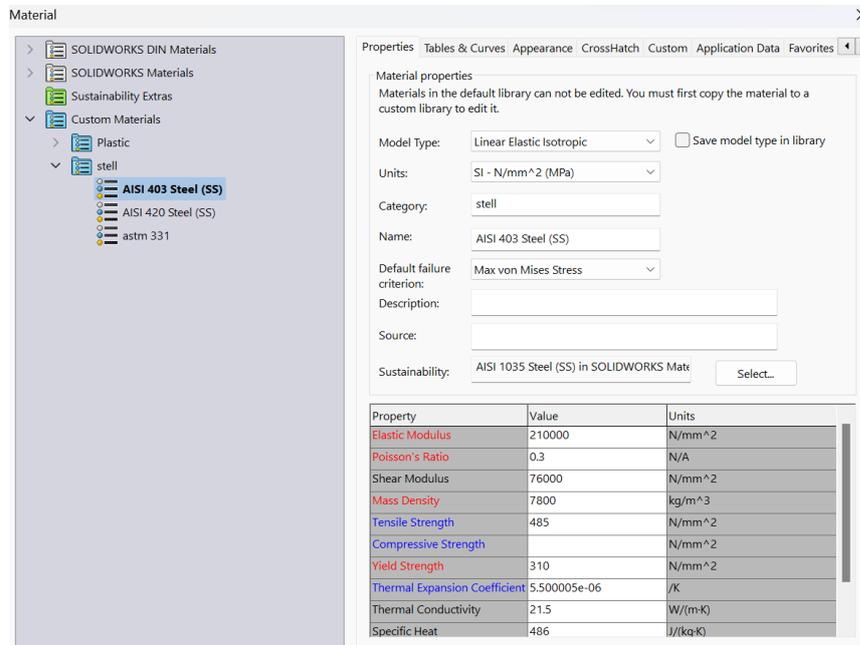
Langkah – langkah simulasi pada sudu dengan tekanan 20 Bar pada turbin adalah sebagai berikut :

- a. Setelah desain 3D selesai, pilih *Simulation* > Kemudian *New Study* > Pilih *Static*



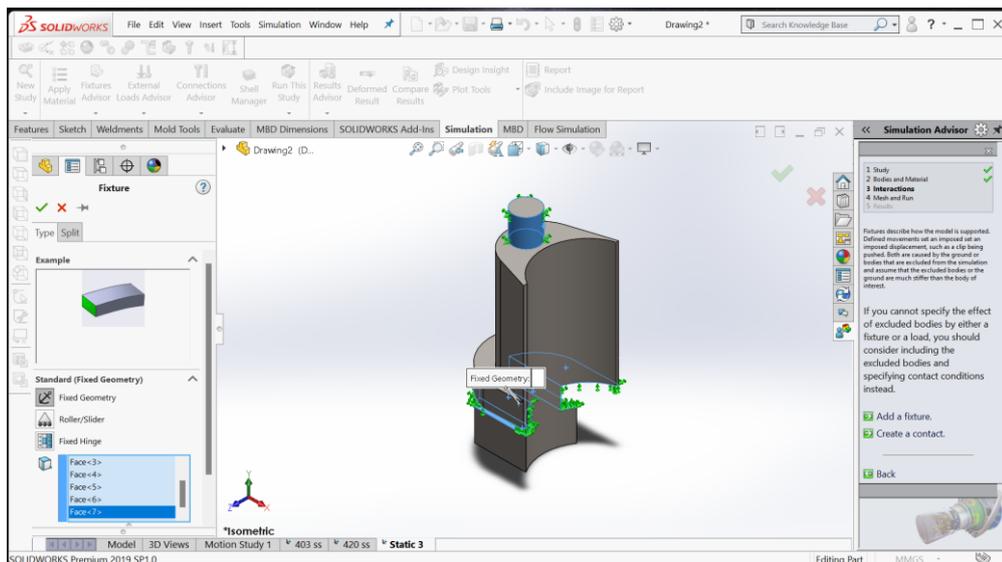
Gambar 4.5 Gambar 3D sudu

- b. Langkah selanjutnya yaitu *Apply Material*
- c. Pilih Material yang akan disimulasikan, Spesifikasi material akan muncul pada kotak dialog seperti gambar 4.6 di bawah. Kemudian *Apply* kemudian *Close*.



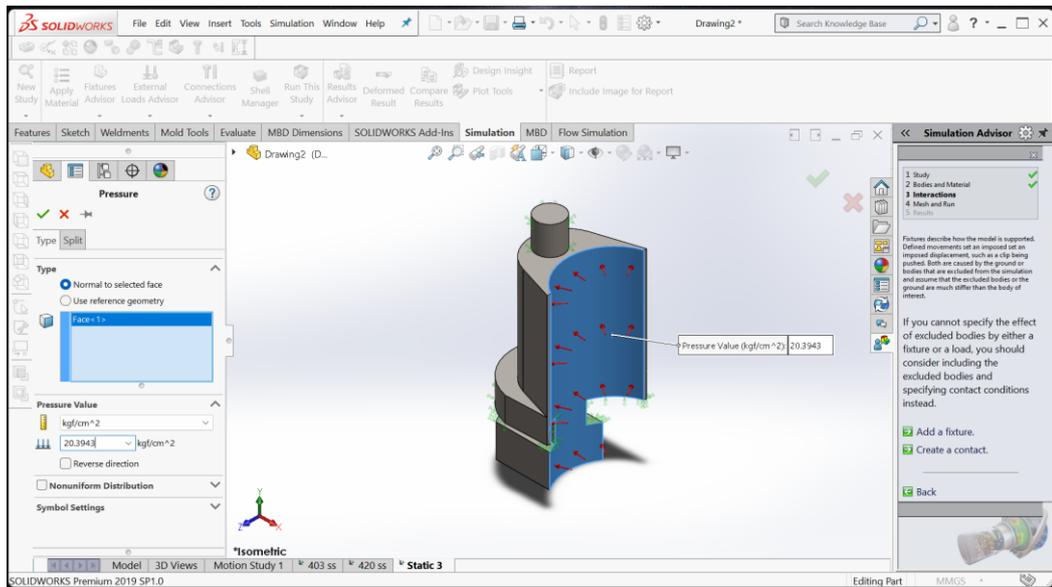
Gambar 4.6 Dialog Spesifikasi Material

- d. Langkah selanjutnya yaitu *Fixtures Advisor > Fixed Geometry* Kemudian pilih Bagian Penampang. Seperti gambar 4.7 di bawah.



Gambar 4.7 Penampang setelah *Fixed Geometry*

- e. Selanjutnya pilih *External Loads Advisor > PreSSure*. Pada *Pressure Value* Pilih Satuan KgF/Cm^2
- f. Masukkan nilai tekanan $20 \text{ Bar} = 20,3943 \text{ KgF}/\text{Cm}^2$
- g. Kemudian pilih bagian sudu yang akan diberi tekanan. Seperti gambar 4.8 berikut.



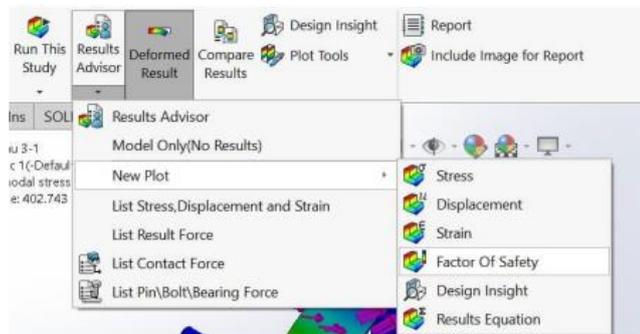
Gambar 4.8 Bagian Sudu yang diberikan Tekanan

- h. Kemudian pilih *Run This Study*, Tunggu proses simulasi selesai.



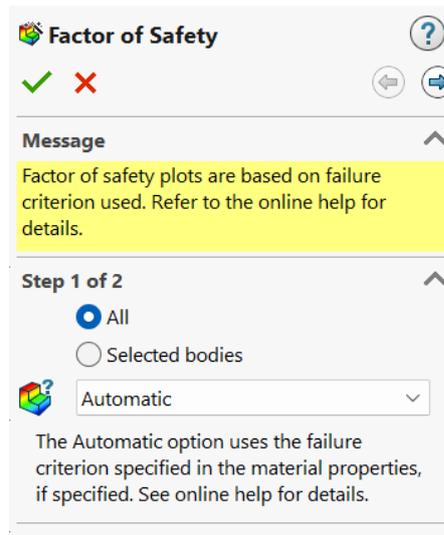
Gambar 4.9 Tampilan Akhir proses simulasi

- i. Untuk mendapatkan nilai *Factor of Safety*, pilih *Result Advisor*, kemudian *New Plot, Factor Of Safety*



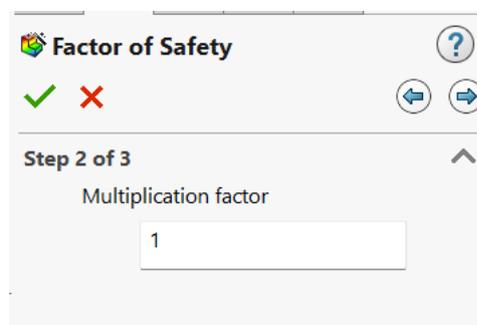
Gambar 4.10 Tampilan *Result Advisor*

- j. Pada *Factor of Safety* pilih *next*



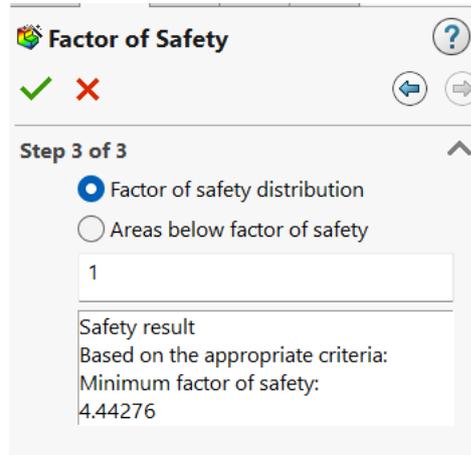
Gambar 4.11 *Dialog Factor Of Safety Step 1*

- k. Masukkan nilai factor '1' kemudian pilih *next*,



Gambar 4.12 *Dialog Factor Of Safety Step 2*

1. Maka akan keluar nilai *Factor Of Safety* > *Ceklist*



Gambar 4.13 Hasil Nilai *Factor Of Safety*

4.2. Hasil Analisa Simulasi

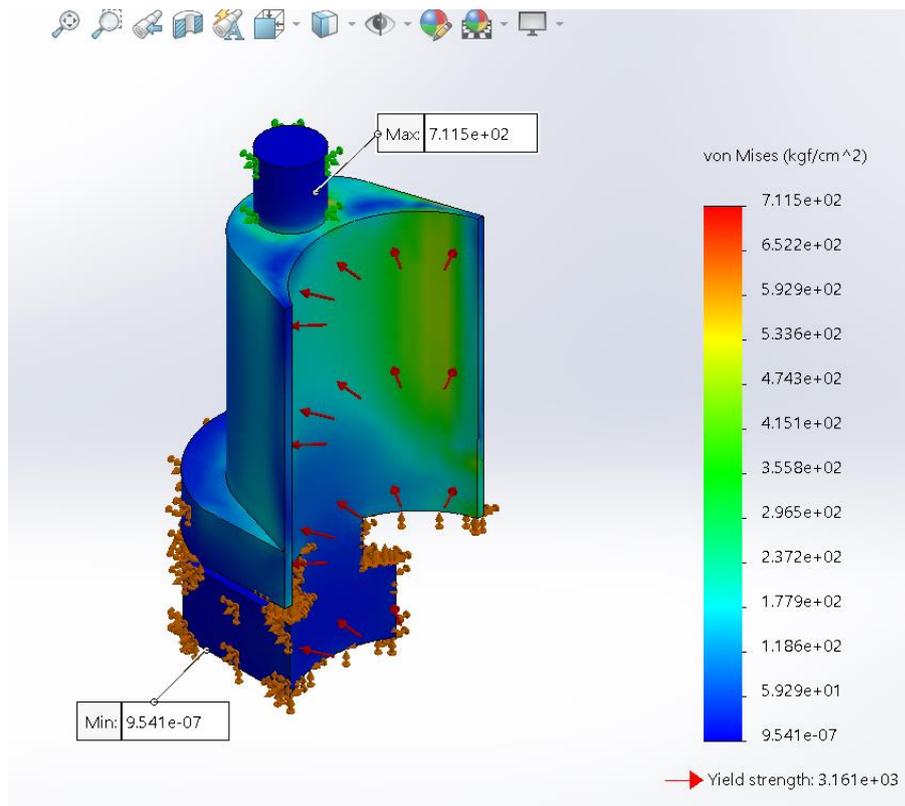
4.2.1. Hasil Analisa Simulasi Material AISI 403 Stainless Steel

4.2.1.1. Hasil *Stress* Material AISI 403 Stainless Steel

Pada simulasi *Stress* dengan nilai maksimum 20 Bar.

$$1 \text{ Bar} = 1,01972 \text{ KgF/Cm}^2$$

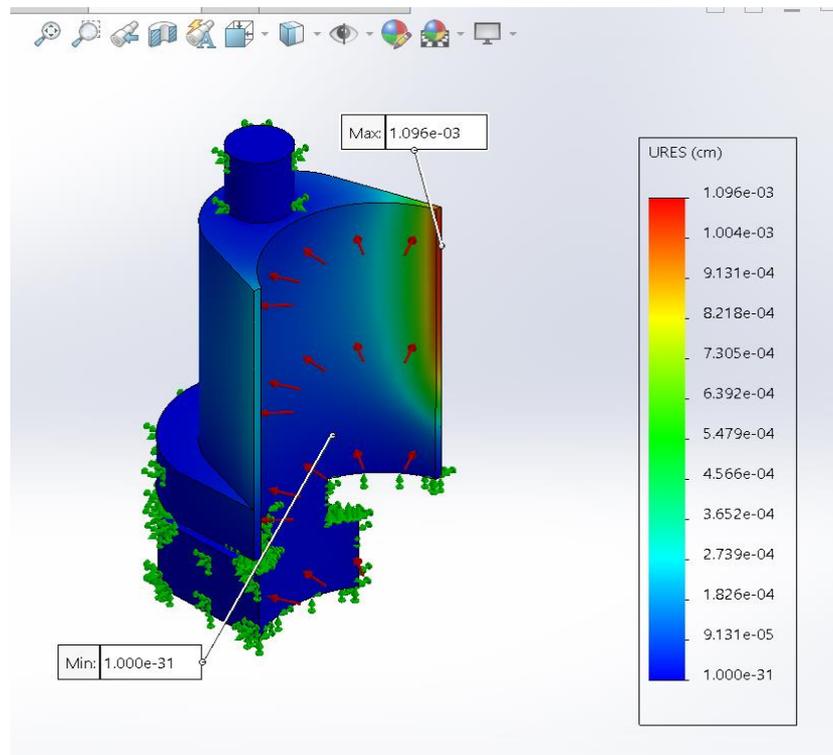
Maka 20 Bar = 20,3943 KgF/Cm². Pada Gambar 4.14 dapat dilihat pada leher sudu mengalami perubahan bentuk dari kontur warna. Sehingga secara aktual dari sudu yang didapat di perusahaan mengalami patah pada bagian leher sudu. Minimum *stress* pada sudu turbin tersebut adalah 9,541e-07 KgF/Cm². Sudu menerima maksimum nilai *stress* sebesar 7.115e+02 KgF/Cm² dari nilai *yield strength* 3.161e+03 KgF/Cm² sehingga material untuk sudu turbin ini pada tekanan 20 Bar = 20.3943 KgF/Cm² dikatakan tidak mengalami kegagalan, karena tidak melebihi dari nilai *yield strength* material AISI 403 SS. Nilai tersebut lebih kecil daripada nilai maksimal *yield strength* yang ditentukan.



Gambar 4.14 Hasil Simulasi *Stress* AISI 403 SS

4.2.1.2. *Displacement Material AISI 403 Stainless steel*

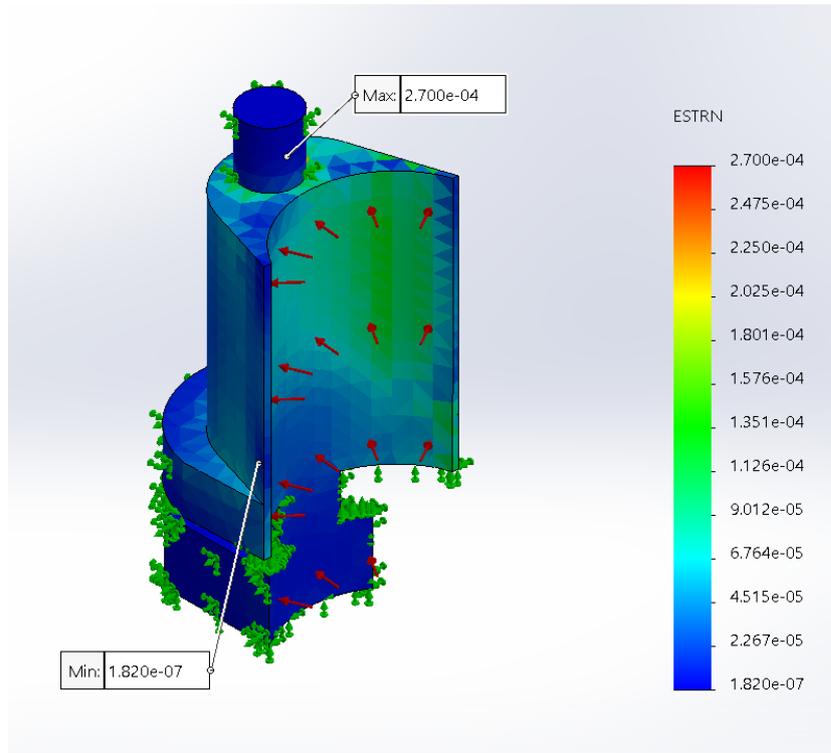
Pada simulasi *Displacement AISI 403 Stainless Steel* didapat pada nilai maksimum 20 Bar = 20,3943 Cm². Pada Gambar 4.15 dapat dilihat pada sisi samping sudu mengalami perubahan bentuk dari kontur warna. Sehingga secara aktual dari sudu yang didapat di perusahaan mengalami patah / rusak pada bagian sisi samping sudu dengan kontur berwarna merah. Minimum *displacement* pada sudu turbin tersebut adalah 1,000e-31 Cm². Sudu menerima maksimum nilai *displacement* sebesar 1.096e-03cm².



Gambar 4.15 *Displacement Material AISI 403 SS*

4.2.1.3. *Strain Material AISI 403 Stainless steel*

Pada simulasi *Strain AISI 403 Stainless Steel* dengan nilai maksimum 20 Bar = 20,3943 Cm². Pada gambar 4.16 dapat dilihat pada bagian leher sudu mengalami perubahan bentuk dari kontur warna. Sehingga secara aktual dari leher sudu yang didapat di perusahaan mengalami patah / rusak pada bagian leher sudu. Minimum *strain* pada penampang sudu turbin tersebut adalah 1820e-07. Leher Sudu menerima maksimum nilai *Strain* sebesar 2.700e-04.

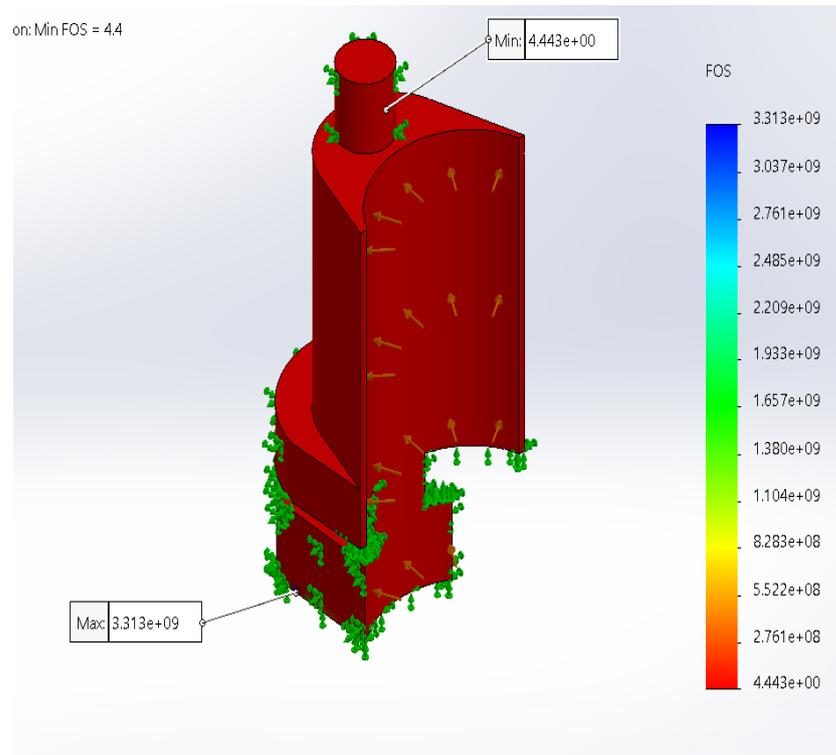


Gambar 4.16 *Strain* Material AISI 403 SS

4.2.1.4. Factor of Safety Material AISI 403 SS

Faktor keamanan (*factor of safety/fos/sf*) adalah patokan utama yang digunakan dalam menentukan kualitas suatu produksi. patokannya, jika FOS kurang dari minimal 1, maka benda produksi tersebut kuliatasnya buruk tidak aman digunakan, cenderung membahayakan, sebaliknya jika nilai FOS lebih dari 1 maka produksi tersebut baik, aman dan layak dipakai.

Pada simulasi *Factor Of Safety AISI 403 Stainless Steel* didapat nilai maksimum 20 Bar = 20,3943 Cm². Pada Gambar 4.17 dapat dilihat pada sudu nilai Minimum FOS terdapat pada leher sudu turbin yaitu 4.443. Sedangkan, Nilai Maksimum FOS terdapat pada penampang bawah sudu turbin yaitu 3.313e+09. Dari hasil tersebut didapat material AISI 403 SS, dinyatakan aman untuk digunakan karena memiliki nilai diatas 1 yaitu dengan nilai minimum 4.443.



Gambar 4.17 Factor Of Safety Material AISI 403 SS

Dari hasil perhitungan simulasi Material didapatkan hasil seperti pada tabel 4.1. di bawah ini :

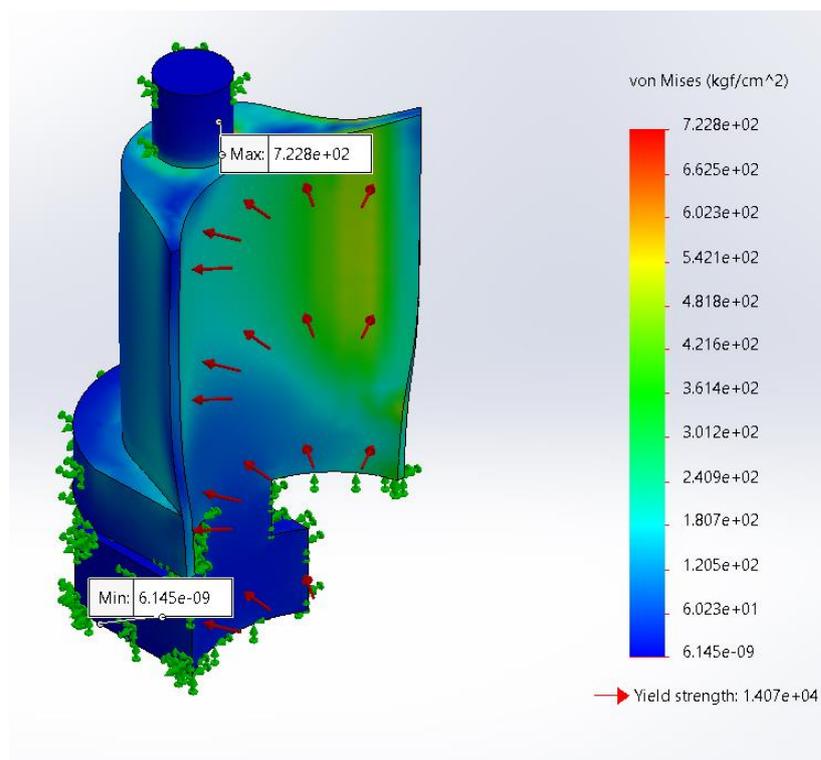
Tabel 4.1. Hasil Simulasi Nilai Material AISI 403 SS

Stress		Displacement		Strain		FOS	
Min	Max	min	Max	min	max	min	Max
9,541e-07 KgF/Cm ²	7.115e+02 KgF/ Cm ²	1,000e-31 Cm ²	1.096e-03 Cm ²	1,82e-04	2,70e-01	4.443	3.313e+09.

4.2.2. Hasil Simulasi Material AISI 420 Stainless Steel

4.2.2.1 *Stress* Material AISI 420 Stainless Steel

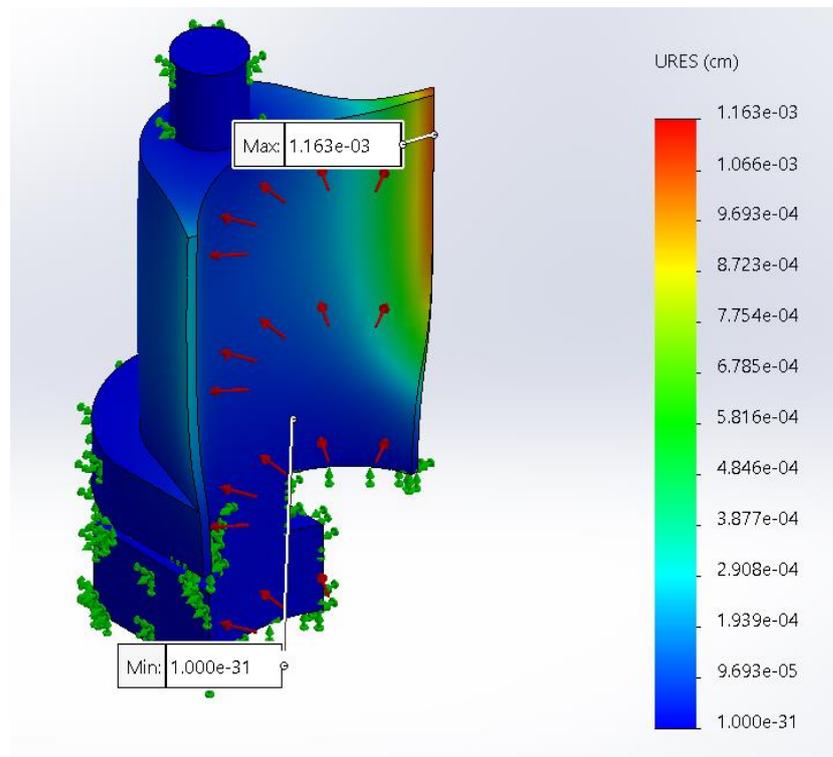
Pada simulasi *Stress* dengan nilai maksimum 20 Bar = 20,3943 KgF/Cm². Pada Gambar 4.18. dapat dilihat pada leher sudu mengalami perubahan bentuk dari kontur warna. Sehingga secara aktual dari sudu yang didapat di perusahaan mengalami patah pada bagian leher sudu. Minimum *stress* pada sudu turbin tersebut terdpat pada penampang sudu yaitu 6.145e-09 KgF/Cm². Sudu menerima maksimum nilai *stress* pada leher sudu sebesar 7.228e+02 KgF/Cm² dari nilai *yield strength* 1.407e+04 KgF/Cm² sehingga material untuk sudu turbin ini pada tekanan 20 Bar = 20.3943 KgF/Cm² dikatakan tidak mengalami kegagalan, karena tidak melebihi dari nilai *yield strength* material AISI 403 SS. Nilai tersebut lebih kecil daripada nilai maksimal *yield strength* yang ditentukan.



Gambar 4.18 *Stress* Material AISI 403 SS

4.2.2.2 Displacement Material AISI 420 Stainless steel

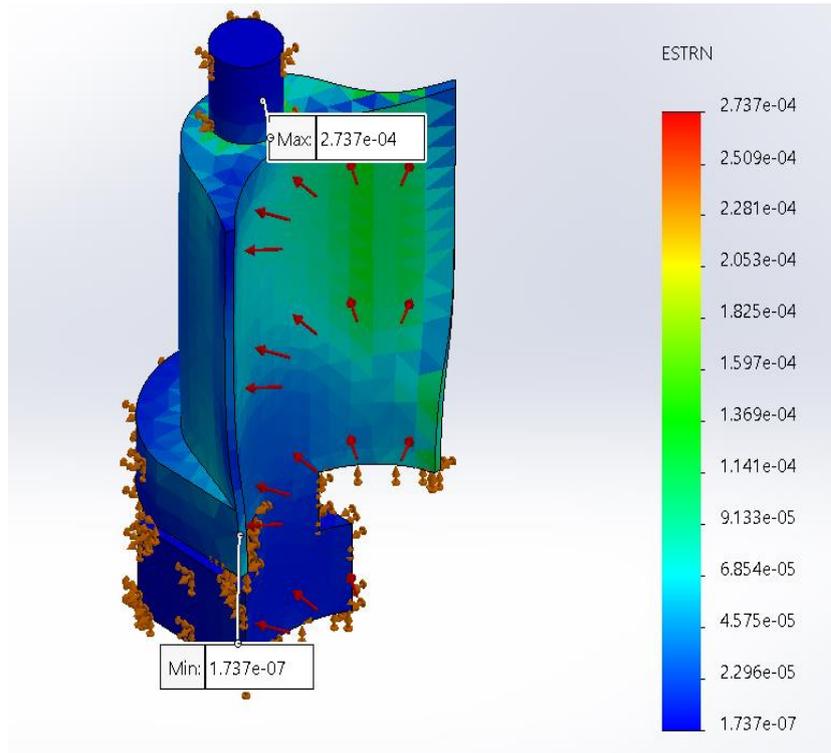
Pada simulasi *Displacement* AISI 420 Stainless Steel didapat nilai maksimum 20 Bar = 20,3943 Cm². Pada Gambar 4.19. dapat dilihat pada sisi samping sudu mengalami perubahan bentuk dari kontur warna. Sehingga secara aktual dari sudu yang didapat di perusahaan mengalami patah / rusak pada bagian sisi samping sudu. Minimum *displacement* pada sudu turbin tersebut adalah 1.000e-31 Cm². Sudu menerima maksimum nilai *displacement* sebesar 1.163e-03 Cm².



Gambar 4.19 *Displacement* Material AISI 420 SS

4.2.2.3 Strain Material AISI 420 Stainless Steel

Pada simulasi *Strain* AISI 403 Stainless Steel dengan nilai maksimum 20 Bar = 20,3943 Cm². Pada Gambar 4.20. dapat dilihat pada bagian leher sudu mengalami perubahan bentuk dari kontur warna. Sehingga secara aktual dari leher sudu yang didapat di perusahaan mengalami patah / rusak pada bagian leher sudu. Minimum *strain* yang terdapat pada penampang sudu turbin tersebut adalah 1.737e-07. Sedangkan pada leher sudu menerima maksimum nilai *Strain* sebesar 2.737e-04.

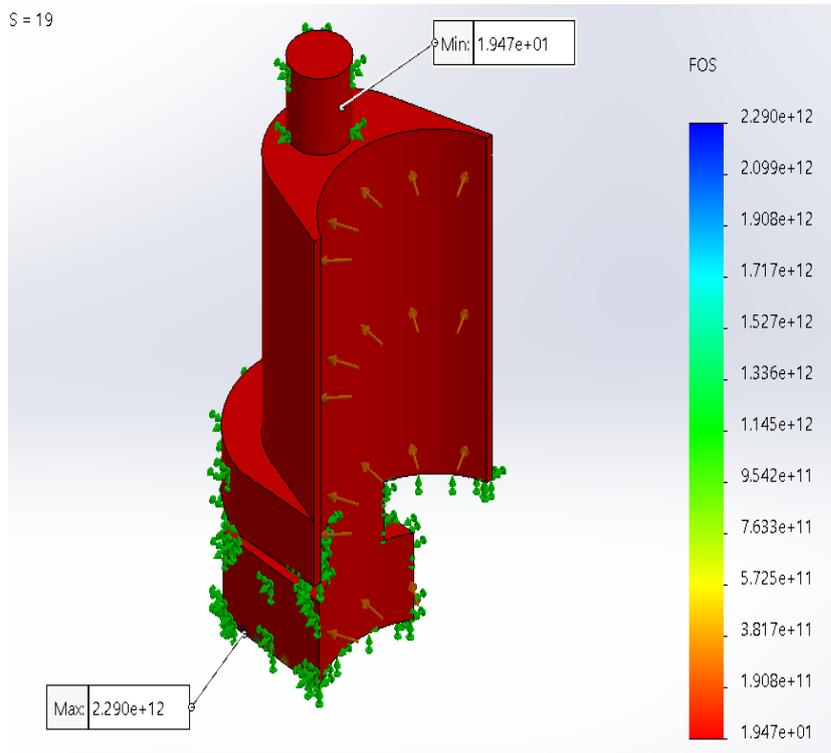


Gambar 4.20 Strain Material AISI 420 SS

4.2.2.4 Factor of Safety Material AISI 420 SS

Faktor keamanan (*factor of safety/fos/sf*) adalah Patokan utama yang digunakan dalam menentukan kualitas suatu produksi. patokannya, jika FOS kurang dari minimal 1, maka benda produksi tersebut kuliatsnya buruk, tidak aman digunakan, cenderung membahayakan, sebaliknya jika nilai FOS lebih dari 1 maka produksi tersebut baik, aman dan layak dipakai.

Pada simulasi *factor Of Safety AISI 420 Stainless Steel* didapat nilai maksimum 20 Bar = 20,3943 Cm². Pada Gambar 4.21. dapat dilihat pada sudu nilai Minimum FOS terdapat pada leher sudu turbin yaitu 19.47. Sedangkan, Nilai Maksimum FOS terdapat pada penampang bawah sudu turbin yaitu 2.290e+12. Dari hasil tersebut didapat material AISI 420 SS, dinyatakan aman untuk digunakan karena memiliki nilai diatas 1 yaitu dengan nilai minimum 19.47.



Gambar 4.21 *Factor Of Safety* Material AISI 420 SS

Dari hasil perhitungan simulasi Material didapatkan hasil seperti pada tabel 4.2. di bawah ini :

Tabel 4.2. Nilai Perhitungan Simulasi Material Aisi 420 SS

Stress		Displacement		Strain		Fos	
Min	Max	Min	Max	Min	Max	min	Max
6.145e-09 KgF/Cm ²	7.228e+02 KgF/ Cm ²	1.000e-31 Cm ²	1.163e-03 Cm ²	1.737e-07	2,737e-04	19.47	2.290 e+12

4.3. Hasil Perbandingan Simulasi Material AISI 403 Stainless Steel dengan Material AISI 420 Stainless Steel

Dari hasil perhitungan simulasi material AISI 403 SS dan Material AISI 420 SS didapat perbandingan nilai pada tabel 4.3 di bawah :

Tabel 4.3. Perbandingan nilai Material Aisi 403 SS dan Material Aisi 420 SS

Jenis bahan	Max stress	Max Displacement	Max strain	Min FOS
AISI 403 SS	7.115e+02 KgF/Cm ²	1.096e-03 Cm ²	2,70e-01	4.443
AISI 420 SS	7.228e+02 KgF/Cm ²	7.228e+02 Cm ²	2,737e-04	19.47

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari simulasi untuk sudu turbin uap maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kerusakan yang terjadi pada sudu dengan material AISI 403SS dan AISI 420 SS dimulai dari bagian leher sudu turbin uap kemudian merambat kebagian badan sudu. Akibat tekanan uap turbin dan beban yang besar mengakibatkan patahnya sudu dibagian lehernya.
2. Nilai hasil simulasi dengan material AISI 403 SS dengan tekanan 20 Bar menghasilkan nilai von mises *Stress* maksimal akibat tekanan yaitu $7.115e+02 \text{ KgF/Cm}^2$ sedangkan nilai maksimal yield strenght adalah $3.161e+03$.
3. Nilai hasil simulasi dengan material AISI 420 SS dengan tekanan 20 Bar menghasilkan nilai von mises *Strees* maksimal akibat tekanan yaitu $7.228e+02 \text{ KgF/Cm}^2$ sedangkan nilai maksimal yield strenght $1.407e+04$.
4. Kedua Material aman untuk digunakan karena memiliki nilai diatas batas minimal FOS.

5.2. Saran

1. Dari kedua material lebih baik menggunakan AISI 420 SS Karena memiliki nilai minimal FOS yang lebih tinggi dibandingkan dengan AISI 403 SS.
2. Pada penelitian analisa material berikutnya, diharapkan menggunakan 2 software agar memiliki perbandingan nilai simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amuddin, Rahmat Sabani (2016) *RANCANG BANGUN DAN UJI PERFORMANSI ALAT PEMBUBUR BUAH TOMAT UNTUK SAOS*, Mataram : Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram
- Arga Jeremia, Dkk (2020) *Analisa Laju Korosi dan Kekerasan Pada Stainless Steel 316 L Dalam Larutan 10 % NaCl Dengan Variasi Waktu Perendaman*. Medan. Universitas HKBP Nommensen.
- Aris S Mengineer.(2014)*Bending*. Yogyakarta : Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Yogyakarta
- Hendra Prihatnadi, Budi Santoso (2010) *Tinjauan Stainless Steel Sebagai Bahan Mekanik Reaktor Daya*. Batan : Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir.
- Khirul Umurani, Taufik Amri (2018) *Desain Dan Simulasi Suspensi Sepeda Motor Dengan Solidwork 2012*. Medan : Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- M. Yani, Bekti Suroso (2019) *Membandingkan Cetakan Terbuka Dengan Tertutup Pada Pembuatan Papan Skate Board Dari Limbah Sawit*. Medan. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Masanobu Murata, Yoshinori Yoshida, Takeshi Nishiwaki.(2017) *Identification of Ductile Fracture Parameter With Stress Correction Method Using Notched Round-Bar Tensile Test*. Japan : Dept. of Mechanical Engineering, Daido University
- Randis, Dkk (2021) *PERANCANGAN DAN SIMULASI STRUKTUR RANGKA OVERHAUL STAND UNTUK PENGGUNAAN ASSEMBLY DAN DIASSEMBLY HYDRAULIC CYLINDER MENGGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORK*. Balikpapan : Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Balikpapan.
- Saian Nur Fajri, (2016) *PENERAPAN MODUL PEMBELAJARAN SOLIDWORKS UNTUK MENINGKATKAN KOMPETENSI MEMBUAT MODEL 3D*. Semarang. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Sungkono Imam, Irawan Hery, and. Arifianto Patriawan Desmas, "Analisis. Desain Rangka Dan Penggerak Alat. Pembulat Adonan Kosmetik Sistem. Putaran Motor, Jurnal Teknik Mesin: Vol. 11, No. 1, Februari 2022

DAFTAR RIWAYAR HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Muzaksir
Tempat/ Tanggal Lahir : Seuneubok pidie/ 13 Desember
Jenis kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat : Dusun Sakti Desa Tanjong Menuang Kecamatan Tanah Jambo Aye Kapupaten Aceh Utara
Nomor Telepon : 085296014279
E-meil : Usmanyhaya7@gmail.com

PENDIDIKAN FORMAL

Tahun 2005-2010/2011 : Min Matang Panyang
Tahun 2011-2013/2014 : SMP Negri 3 Tanah Jambo Aye
Tahun 2014-2016/2017 : SMA Negri 1 Tanah Jambo Aye
Tahun 2019-2023 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

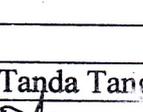
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2022 – 2023**

Peserta seminar

Nama : Muzaksir

NPM : 1907230135

Judul Tugas Akhir : Analisa Kerusakan Sudu Pemutar Turbin Uap Menggunakan Metode Elemen Hingga Berbasis Solidworks

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Chandra A Siregar, ST, MT			:..... 
Pemanding – I : Sudirman Lubis, ST, MT			:..... 
Pemanding – II : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT			:..... 
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1907230091	Fajar Habib Hidayat	
2	1907230206	M. An Pulungan	
3	1907230199	AMRIZAL RAMADHAN	
4	1907230074	Ricky Tobu Firdaus Hutasaat	
5	1907230085	Abdul Salim Hasihuan	
6	1907230160	ISMAIL ZUNAIDI	
7			
8			
9			
10			

Medan, 12 Shafar 1445 H
28 Agustus 2023 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Muzaksir
NPM : 1907230135
Judul Tugas Akhir : Analisa Kerusakan Sudu Pemutaran Turbin Uap Menggunakan Metode Elemen Hingga Berbasis Solidworks

Dosen Pembanding – I : Sudirman Lubis, ST, MT
Dosen Pembanding – II : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : Chandra A Siregar, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
perbaiki drajrn dlr-
.....
.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan, 12 Shafar 1445 H
28 Agustus 2023 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I



Sudirman Lubis, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Muzaksir
NPM : 1907230135
Judul Tugas Akhir : Analisa Kerusakan Sudu Pemutar Turbin Uap Menggunakan Metode Elemen Hingga Berbasis Solidworks

Dosen Pembanding – I : Sudirman Lubis, ST, MT
Dosen Pembanding – II : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : Chandra A Siregar, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- ② Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
..... *tambah prosedur, pisahkan material*
..... *yg pertama & ke dua.*
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan, 12 Shafar 1445 H
28 Agustus 2023 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT



Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [f umsumedan](https://www.facebook.com/umsuamedan) [i umsumedan](https://www.instagram.com/umsuamedan) [t umsumedan](https://www.youtube.com/umsuamedan) [u umsumedan](https://www.youtube.com/umsuamedan)

**LOPENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 81/II.3AU/UMSU-07/F/2023

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 16 Januari 2023 dengan ini Menetapkan :

Nama : MUZAKSIR
Npm : 1907230135
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : VII (TUJUH)
Judul Tugas Akhir : ANALISA KERUSAKAN SUDU PEMUTARAN TURBIN UAP
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA BERBASIS SOLID
WORKS .

Pembimbing : CHANDRA A. SIREGAR ST. MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.

Medan, 24 Jumadil Akhir 1443 H

17 Januari

2023 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT

NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

ANALISA KERUSKAAN SUDU PEMUTARAN TURBIN UAP MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA BERBASIS SOLIDWORKS

Nama : MUZAKSIR
Npm : 1907230135

Dosen Pembimbing : Chandra A Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	9/1/2023	Perbaiki Format Penulisan	↑
2.	11/2/2023	Perbaiki bab III	↑
3.	14/2/2023	Ikuti Panduan	↑
4.	16/2/2023	ACC SEMPRO	↑
5.	20/7/2023	perbaiki bab IV	↑
		perbaiki format	↑
6.	25/7/2023	ACC semhas	↑
	12/8/2023	perbaiki bab IV	↑
	27/8/2023	perbaiki ketampakan	↑
	30/8/2023	ACC Semhas sidang	↑