Politeknik Caltex Riau

LAPORAN PROYEK AKHIR

VARIASI SUDUT SUDU BLADE PADA TRUBIN KAPLAN TERHADAP ALIRAN DANAU PCR

AL FAHMI SUHAIMI
NIM. 1921302001

Pembimbing:
JUPRI YANDA ZAIRA, S.T., M.T.
NIP.078321

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
POLITEKNIK CALTEX RIAU

LEMBAR PENGESAHAN

VARIASI SUDUT SUDU BLADE PADA TURBIN KAPLAN TERHADAP ALIRAN DANAU PCR

Al Fahmi Suhaimi

NIM. 1921302001

Proyek Akhir ini diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan (S.Tr.T) di Politeknik Caltex Riau

Pekanbaru, 18 Feb 2025

Pembimbing	**Penguji**
Jupri Yanda Zaira, S.T., M.T	**Agus Wijianto, S.T., M.T**
NIP. 078321	NIP. 047812

Amnur Akhyan S.ST.,M.T
NIP. 007803

Disetujui oleh :

Mengetahui
Ketua Program Studi
Teknik Mesin

Roni Novison, S.T., M.T
NIP. 178506

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam proyek akhir yang berjudul :

"VARIASI SUDUT SUDU BLADE PADA TURBIN KAPLAN TERHADAP ALIRAN DANAU PCR"

Adalah benar hasil karya saya, dan tidak mengandung karya ilmiah atau tulisan yang pernah diajukan disuatu Perguruan Tinggi. Setiap kata yang dituliskan tidak mengandung plagiat, pernah ditulis maupun diterbitkan orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam laporan proyek akhir ini dan disebutkan pada daftar pustaka. Saya siap menanggung seluruh akibat apabila terbukti melakukan plagiat.

Pekanbaru, 18 Februari 2025

AL Fahmi Suhaimi

NIM. 1921302001

ABSTRAK

Krisis energi listrik yang melanda Indonesia mendorong eksplorasi sumber energi alternatif, salah satunya adalah pemanfaatan energi air melalui Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) skala kecil. Penelitian ini berfokus pada analisis pengaruh variasi sudut sudu pada turbin Kaplan terhadap kinerja aliran air di Danau Politeknik Caltex Riau (PCR). Turbin Kaplan, yang dikenal karena kemampuannya menghasilkan listrik secara efisien pada head rendah dengan debit air yang bervariasi, dipilih sebagai objek penelitian mengingat fleksibilitas desain sudunya yang memungkinkan penyesuaian sesuai kondisi aliran.

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan perancangan turbin Kaplan yang dilengkapi dengan empat buah sudu, dimana variasi sudut yang diujikan adalah 35°, 40°, dan 45°. Simulasi aliran, tekanan, suhu, dan kecepatan air dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks guna memperoleh gambaran kinerja masing-masing konfigurasi sudu. Berdasarkan hasil simulasi, didapatkan bahwa pada sudut 35° terdapat tekanan dan kecepatan aliran air tertinggi, yang mengindikasikan bahwa energi kinetik air lebih optimal dikonversi menjadi energi mekanik. Meskipun pada sudut 40° dan 45° terjadi penurunan sedikit pada nilai tekanan dan kecepatan, efisiensi konversi energi tetap berada dalam kisaran yang dapat diterima dan optimal untuk kondisi operasional tertentu.

Selain itu, pengukuran temperatur menunjukkan fluktuasi yang sangat kecil di antara ketiga variasi sudu, mengindikasikan bahwa perubahan sudut tidak berpengaruh signifikan terhadap kestabilan termal sistem. Hasil penelitian ini memberikan pemahaman mendalam tentang hubungan antara variasi sudut sudu dan parameter hidrodinamik yang mempengaruhi kinerja turbin Kaplan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menegaskan pentingnya optimasi sudu turbin dalam meningkatkan efisiensi pembangkit listrik tenaga air, tetapi juga membuka peluang untuk pengembangan desain turbin yang lebih adaptif terhadap kondisi aliran yang bervariasi.

Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa variasi sudut sudu memiliki peran penting dalam menentukan performa turbin Kaplan, dengan kinerja optimal tercapai pada rentang sudut 35° hingga 45°. Temuan ini diharapkan dapat dijadikan acuan bagi pengembangan turbin air skala kecil dalam upaya mengatasi krisis energi melalui pemanfaatan sumber daya air yang ada di lingkungan sekitar, khususnya pada daerah-daerah yang belum terjangkau oleh

jaringan listrik konvensional.

Kata Kunci: Variasi Sudut, Turbin Kaplan, , SolidWorks

Pekanbaru, 18 Februari 2025

Al Fahmi Suhaimi

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....I

PERNYATAAN.....ii

DAFTAR ISI iii

DAFTAR GAMBAR viii

DAFTAR TABEL x

RINGKASAN 9

BAB I 10

PENDAHULUAN 10

1.1 Latar Belakang Masalah 10

1.2 Rumusan Masalah 11

1.3 Batasan Masalah 11

1.4 Tujuan dan Manfaat 11

1.4.1 Tujuan 11

1.4.2 Manfaat 11

1.5 Metode Penelitian 11

1.5.1 Studi Literatur 11

1.5.2 Perancangan 12

1.6 Sistematika Penulisan 12

BAB II 17

TINJAUAN PUSTAKA *17*

2.1 Penelitian Terdahulu **17**

2.2 Dasar Teori **18**

2.2.1 Definisi Turbin Kaplan 18

2.3 Komponen-Komponen Turbin Kaplan **18**

2.3.1 Baja Siku 18

2.3.2 Poros 19

2.3.3 Pulley 20

2.3.4 Sabuk (V- Belt) 21

2.3.5 Generator DC 21

2.3.6 Inverter 22

2.3.7 Bearing 22

2.3.8 Baut dan Mur 23

2.4 Alat Ukur **23**

2.4.1 Roll Meter 23

2.4.2 Jangka Sorong 24

2.4.3 Stopwatch 24

2.4.4 Tachmometer 25

2.5 Perhitungan Rancangan Turbin Kaplan **25**

BAB III *29*

PERANCANGAN *29*

3.1 Umum **29**

3.2 Flow Chart Proses Kerja Turbin Kaplan **29**

3.3 Perancangan Alat **30**

3.3.1 Perancangan Rangka Turbin Kaplan 30

3.3.2 Spesifikasi Turbin Kaplan 31

3.3.3 Perancangan Blade Turbin Kaplan 32

BAB IV 34

PENGUJIAN DAN ANALISA 34

4.1 Pengujian 34

4.1.1 Gambar Simulasi 34

4.1.2 Tabel Nilai Simulasi 38

4.2 Analisis Keseluruhan 39

BAB V 45

KESIMPULAN DAN SARAN 45

5.1 Kesimpulan 45

5.2 Saran 46

DAFTAR PUSTAKA 47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Baja Siku 19

Gambar 2. 2 Poros 19

Gambar 2. 3 Pulley 21

Gambar 2. 4 Diagram Pemilihan *V-Belt* 21

Gambar 2. 5 Generator DC 22

Gambar 2. 6 *Inverter* 22

Gambar 2. 7 *Bearing* 23

Gambar 2. 8 Mur dan Baut 23

Gambar 2. 9 Meteran 24

Gambar 2. 10 Jangka Sorong 24

Gambar 2. 11 Stopwatch 25

Gambar 2. 12 Tachometer 25

Gambar 3. 1 *Flowchart* 29

Gambar 3. 2 Rangka Turbin Kaplan 30

Gambar 3. 3 Sudut *Blade* 35° 32

Gambar 3. 4 Sudut *Blade* 40° 32

Gambar 3. 5 Sudut *Blade* 45°. 33

Gambar 4 1 Simulasi Tekanan (*Pressure)* sudut 35° 34

Gambar 4 2 Simulasi Tekanan (*Pressure)* sudut 40° 35

Gambar 4 3 Simulasi Tekanan (*Pressure)* sudut 45° 35

Gambar 4. 4 Simulasi *Temperature* sudut 35° 36

Gambar 4. 5 Simulasi *Temperature* sudut 40° 36

Gambar 4. 6 Simulasi *Temperature* sudut 45° 37

Gambar 4 .7 Gambar 4.7 Simulasi *Velocity* sudut 35° 37

Gambar 4. 8 Simulasi *Velocity* sudut 35° 38

Gambar 4 9 Simulasi *Velocity* sudut 45° 38

Gambar 4. 10 Simulasi *contour Pressure* sudut 35° 40

Gambar 4 11 Simulasi *contour Pressure* sudut 40° 40

Gambar 4. 12 Gambar 4.12 Simulasi *contour Pressure* sudut 45° 41

Gambar 4 13 Simulasi *contour velocity* sudut 35° 42

Gambar 4. 14 Simulasi *contour velocity* sudut 35° 43

Gambar 4. 15 Simulasi *contour velocity* sudut 35° 43

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baja Karbon Untuk Poros (Sularso & Suga , 2004) 20

Tabel 3. 1 Hasil perancangan turbin kaplan 31

Tabel 4. 1 Data simulasi *solidwork*s 38

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4 1 Nilai Tekanan (Presure) 39

Grafik 4 2 Nilai Temperature 41

Grafik 4. 3 Nilai Kecepatan (Velocity) 42

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada saat ini dunia sedang mengalami krisis energi dan khususnya Indonesia mengalami krisis energi listrik secara nasional. Menurut data Badan Pusat Statistik Nasional (*Badan Pusat Statistik*, 2020) . Pada tahun 2020 presentase rumah tangga dengan penerangan Perushaan Listrik Negara (PLN) yaitu sebesar 96,95%, sementara ada beberapa provinsi yang sangat minimum untuk mendapatkan penerangan dari PLN, yaitu Papua 43,14% sedangkan untuk provinsi Riau sendiri hanya mencapai 91,04% sehingga daerah yang belum terjangkau penerangan PLN perlu di berikan solusi.

Sumber energi listrk bisa berupa Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Khusus PLTA tidak hanya dengan aliran air yang besar, namun juga bisa dialirkan air dengan debit air yang kecil. Politeknik Caltex Riau mempunyai tiga buah danau kecil yang saling berhubungan satu sama lain mempunyai aliran yang bisa dimanfaatkan sebagai energi potensial, yang selanjutnya digunakan untuk menghasilkan energi listrik . Dalam penelitian terdahulu (Yanda Zaira & Wijianto, 2021) , menempatkan aliran danau PCR sehingga menghasilkan energi listrik dengan tenaga pikohidro (PLTP) yang menggunakan turbin Crossflow, memanfaatkan aliran danau PCR sebesar 0.0019 dan menghasilkan listrik 538,99 Watt.

Oleh karena itu penelitian ini akan dilakukan dengan bimbingan Bpk. Jupri Yanda Zaira, S. T., M. T. Penalitian ini akan melakukan variasi sudut pada sudu turbin kaplan dan di uji coba menggunakan *software Solidworks*. Pada penelitian ini memvariasikan tiga sudut yaitu 35°,40°, dan 45°. Hasil dari penelitian ini untuk mengetahui daya dan efesiensi maksimum dari turbin kaplan yang akan dirancang.

1.2 Rumusan Masalah

Pada pembuatan turbin tipe kaplan yang akan di uji coba menggunakan *software Solidworks* . Menggunakan sudu yaitu 4 sudu dan menggunakan sudut 35°, 40°, 45°.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Data turbin kaplan yang diambil berdasarkan dari pengujian pada simulasi *Solidworks.*
2. Sudut sudu turbin yang digunakan adalah 35°,40°,45°.
3. Jumlah sudu turbin yang digunakan 4 sudu.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari proyek akhir ini adalah untuk megetahui kinerja turbin terhadap pengaruh variasi sudut sudu turbin pembangkit listrik pikohidro dengan tipe Turbin Kaplan yang di design dan di uji coba pada *software Solidworks*.

1.4.2 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian kali ini adalah pemanfaatan aliran yang ada didanau Politeknix Caltex Riau dengan pembangkit listrik tenaga pikohidro. Pada proses kali ini menambah wawasan tentang pengaruh variasi sudut sudu turbin kaplan.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada pembuatan tugas akhir ini adalah :

1.5.1 Studi Literatur

Dalam penelitian dilakukan dengan cara mengumpulkan dan memahami bahan-bahan teori yang berhubungan dengan proyek akhir baik dari buku-buku maupun melalui penvarian di situs-situs internet.

1.5.2 Perancangan

Pada tahap ini perancangan proyek ahir ini meliputi pengaruh variasi sudu sudut turbin Kaplan. Turbin kaplan di design dan di uji coba menggunakan *software Solidwork.*

1.6 Sistematika Penulisan

Pada pembuatan turbin tipe kaplan yang akan dibuat dirancang memanfaatkan tenaga air yang menggunakan sudu yaitu 4 sudu dengan menggunakan sudut 35°, 40°, 45°.

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan uraian latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan beberapa hasil penelitian terdahulu dan landasan teori yang diperlukan untuk merancang sistem.

BAB III : PERANCANGAN

Bab ini menjelaskan tentang perancangan sistem terdiri dari perancangan sistem yang akan dibangun.

BAB IV : PENGUJIAN DAN ANALISA

Bab ini berisi tentang pembahasan pengujian dan analisa turbin kaplan pikohidro.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang pembahasan kesimpulan dan saran dari penelitian turbin kaplan pikohidro.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian pertama yang dilakukan oleh (Maolana, Sanjaya, & Suprihadi, 2024) . Penelitian dilakukan pada turbin Archimedes dengan kemiringan sudut poros 15°. pada penelitian ini dilakukan penelitan terhadap tiga sudu yaiut sudu 1,2 dan 3. Pada sudu 1 didapatkan hasil daya listris sebesar 8.17 watt dan efesiensi turbin sebesar 75%. Pada sudu 2 didapatkan hasil daya listrik sebesar 7,16 watt dan efesiensi turbin sebesar 66%. Pada sudu 3 didapatkan hasil daya listrik sebesar 7,45 watt dan efesiensi turbin sebesar 69%. Dan demikian pada sudu 3 menghasilkan daya listrik lebih besar dan efesiensi pada sudu 1, hasilnya lebih besar dari ada sudu 2 dan sudu 3.

Penelitian kedua yang dilakukan oleh (Amrullah, Jaya, Ahiruddin, & Yunus, 2022) dengan judul "Analisa Pengaruh Perubahan Sudut Sudu Pengarah Aliran Air Terhadap Prestasi Turbin Kaplan" menunjukkan bahwa pengaruh sudut sudu sangat berpengaruh pada efesiensi turbin kaplan. Semakin besar sudut sudu maka efesiensi yang dihasilkan semakin rendah. Efesiensi yang dihasilkan untuk sudut 15°efesiensinya adalah 52,25%, sudut 20° efesiensi turbin 25%, sudut 25° efesiensi turbin 39,44%, dan sudut 30° efesiensi turbin 36,07%.

Penelitian ketiga yang dilakukan oleh (Setiawan, Wijianti, Saparin, Wibowo, & Prayitnoadi, 2021) . Penelitian ini berjudul " Kinerja Putaran Rotor Turbin Air Screw Archimides Dengan Variasi Kemiringan Sudut Turbin". Penelitian ini menggunakan sudut kemiringan yaitu 30°, 35°,40°. Pada sudut 30o putaran poros yang dihasilkan sebesar 794 rpm, pada sudut 35° putaran poros yang dihasilkan sebesar 885 rpm, dan pada sudut 40° adalah putaran poros yang tertinggi dihasilkan sebesar 930 rpm.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Definisi Turbin Kaplan

Turbin Kaplan adalah turbin air jenis baling-baling dengan bilah yang dapat disesuaikan. Turbin ini dikembangkan pada tahun 1913 oleh profesor Austria Victor Kaplan. Dia menggabungkan baling-baling variabel otomatis dengan baling-baling variabel otomatis untuk mencapai efisiensi pada tingkat air dan aliran air yang berbeda. Turbin Kaplan merupakan pengembangan lebih lanjut dari turbin Francis. Penemuannya memungkinkan untuk menghasilkan listrik secara efisien pada head rendah yang tidak mungkin dilakukan dengan turbin Francis. Tingginya 10-70 meter dan dayanya 5-200 MW. Diameter impeller berkisar dari 2 hingga 11 meter. Kisaran kecepatan turbin adalah 79 hingga 429 rpm. Dengan head nominal 34,65 m, seperti 34,65 m, instalasi turbin Kaplan dianggap berkinerja terbaik. Turbin Kaplan saat ini digunakan di pembangkit listrik tenaga air dengan debit tinggi dan rendah di seluruh dunia. Turbin Kaplan adalah turbin reaksi aliran ke dalam. Ini berarti bahwa ketika fluida melewati turbin, tekanan berubah dan energi dilepaskan. Energi diperoleh kembali dari kolom air dan energi kinetik air yang mengalir. Desain ini menggabungkan fitur radial dan aksial turbin. Saluran masuk adalah tabung berbentuk siput yang membungkus gerbang pemandu turbin. Air diarahkan tangensial melalui gerbang dan spiral ke dalam baling-baling berbentuk pelari, menyebabkan mereka berputar. Outletnya berupa draft tube, yang membantu mengurangi kecepatan air dan memulihkan energi kinetik (R. Saputra & Liichan, 2018).

2.3 Komponen-Komponen Turbin Kaplan

2.3.1 Baja Siku

Baja siku digunakan untuk pembuatan rangka turbin dengan panjang batang 6 meter. Baja sikut kemudian dipotong dengan roda pemotong untuk hasil yang tepat, dan mesin las digunakan untuk melakukan proses penyambungan untuk menahan sambungan dengan kuat di tempatnya. Digunakan untuk menopang braket generator dan braket bantalan flange di mana kepala yang diperlukan digunakan. (Sofia, 2024)

Gambar 2. 1 Baja Siku

2.3.2 Poros

Poros adalah bagian tetap yang berputar, penampang bulat, dilengkapi dengan puli, sabuk V, dll., yang menopang turbin menggunakan poros turbin Kaplan, berputar pada porosnya, dan menghasilkan kecepatan dan kecepatan. Torsi mentransfer turbin ke puli dan kemudian ke generator DC. (Ibriza & Wiseno, 2022)

Gambar 2. 2 Poros

Jenis-jenis poros:

1. **Poros transmisi**

   Sebuah poros transmisi umumnya dikenal sebagai poros. Poros dikenai beban torsi siklik, beban lentur bolak-balik, atau keduanya. Roda gigi, puli, sproket, dll. dapat mentransmisikan daya pada poros.

2. **Gandar**

   Poros gandar adalah poros yang dipasang di antara roda-roda kereta barang. Poros gandar hanya menekuk daripada mengalami torsi.

3. **Poros spindel Poros spindel**

   Poros spindle adalah poros transmisi yang relatif pendek. Misalnya poros utama alat mesin dimana beban utamanya adalah torsi.

Selain beban puntir, poros spindel juga dikenai beban aksial. Ini dapat digunakan secara efektif ketika ada sedikit deformasi pada poros spindel.

Tabel 2. 1 Baja Karbon Untuk Poros (Sularso & Suga , 2004)

Standar dan macam	**Lambang**	**Perlakuan Panas**	**KekuatanTarik (Kg/mm²)**	**Keterangan**
Baja karbonkonstruksi mesin (JIS G 4501)	S 30 C	Penormalan	48	
	S 35 C	“	52	
	S 40 C	“	55	
	S 45 C	“	58	
	S 50 C	“	62	
	S 55 C		66	

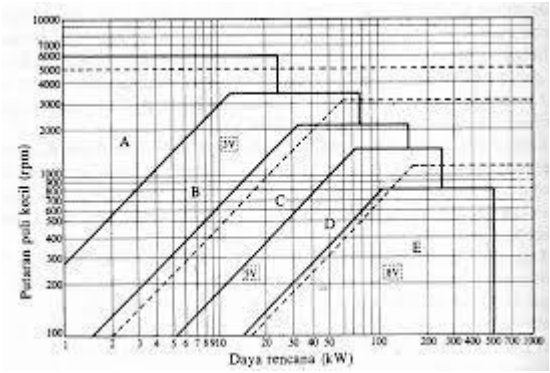
2.3.3 Pulley

Pulley adalah roda gigi yang digunakan untuk mentransfer daya dari turbin Kaplan, penggerak, ke komponen yang ingin digerakkan, generator DC. Fungsi penggerak katrol adalah untuk mempercepat putaran turbin Kaplan dan mengirimkannya ke generator DC untuk daya yang dirancang (Said, 2021).

Gambar 2. 3 Pulley

2.3.4 Sabuk (V- Belt)

V-Belt adalah tali karet dengan dudukan trapesium. Tenunan, Teteron, dll digunakan untuk mentransfer daya dari turbin Kaplan ke generator DC. Selanjutnya, lilitkan V-belt di sekitar alur katrol berbentuk V juga. Bagian bengkok dari sabuk dilipat untuk memperlebar lebar bagian dalam pemilihan V-belt (Sularso & Suga , 2004).



Gambar 2. 4 Diagram Pemilihan *V-Belt*

Jika telah memperoleh tertarik (rpm) pada katrol kecil dan daya yang direncanakan (kw), Sehingga pemilihan jenis sabuk pada diagram di atas dapat dilakukan.

2.3.5 Generator DC

Generator DC adalah suatu system listrik dinamis yang mengubah energy mekanik menjadi energi listrik. (Setiawan , Atmam, & Setiawan, 2021)

Gambar 2. 5 Generator DC

2.3.6 Inverter

Inverter adalah alat elektronik yang mengubah tegangan arus searah (Direct Current) menjadi tegangan bolak-balik (Alternating Current). Fungsi lain dari alat ini adalah mengatur serta membuat stabil tegangan pada output listrik yang dihasilkannya. (Admin, n.d.)

Gambar 2. 6 *Inverter*

2.3.7 Bearing

Mur merupakan alat mekanik yang berbahan dasar dari campuran logam yang berbentuk segi enam yang ditengahnya ada lubang ulr. Fungsi ulir sebagai pemngencang antara baut terhadap objek. Sedangkan baut adalah alat sambung yang menggunakan batang besi berulir dan berbentuk bulat.baut berfungsi sebagai suatu sambungan konstruksi bersifatsementara dan tetap. (Team, 2024)

Gambar 2. 7 *Bearing*

2.3.8 Baut dan Mur

Baut dan Mur ialah alat pengikat yang digunakan untuk menghindari terjadinya kecelakaan dan kerusakan pada mesin. Pemilihan Baut dan Mur harus dilakukan secara hati-hati untuk mendapatkan ukuran yang pas. Untuk menetukan ukuran baut dan mur berbagai faktor harus diperhatikan, seperti sifat gaya yang diterapkan pada baut dan mur, syarat kerja, kekuatan material dan tingkat akurasi. (Fastindo, 2021)

Gambar 2. 8 Mur dan Baut

2.4 Alat Ukur

2.4.1 Roll Meter

Roll meter digunakan untuk mengukur jarak maupun panjang suatu benda. Roll Meter juga dapat digunakan untuk mengukur, membuat sudut siku-siku, dan dapat juga digunakan untuk membuat sebuah lingkaran. Di ujung pita dilengkapi dengan pengait atau gantungan yang diberi magnet agar pengukuran lebih mudah dan nyaman saat sedang melakukan pengukuran, dan pita tidak dapat dilepas pada

saat mengukur. Keakuratan pengukuran menggunakan roll meter hingga 0,5 mm (Saputra & Liichan, 2018)

Gambar 2. 9 Meteran

2.4.2 Jangka Sorong

Jangka sorong adalah alat ukur untuk mengukur suatu ukuran benda dengat sangat akurat..Fungsi utama jangka sorong untuk mengukur diameter dalam atau luar suatu benda dan bisa juga untuk mengukur kedalaman suatu benda. Jangka sorong dapat membacaukuran suatu benda dari 0.05-0.01 mm. (Academy, 2022)

Gambar 2. 10 Jangka Sorong

2.4.3 Stopwatch

Stopwatch ialah suatu alat pengukur waktu sesuai dengan penggunaan yang diinginkan (Erick, 2021) . Pada penelitian ini stopwatch digunakan untuk mengetahui debit air dengan cara mengukur waktu yang dibutuhkan sebuah wadah untuk terisi dengan air, kemudian waktu dicatat dan melakukan perhitungan pada debit air.

Gambar 2. 11 Stopwatch

2.4.4 Tachmometer

Tachmometer adalah alat yang dirancang untuk mengukur kecepatan putaran dari objek yang bergerak. Benda ini juga berfungsi sebagai penghitungan putaran dan penghitungan rpm. (Ukur, 2022)

Gambar 2. 12 Tachometer

2.5 Perhitungan Rancangan Turbin Kaplan

Untuk menghasilkan daya tenaga listrik adalah transfromasi energi air dan elevasi air terjun dan aliran air tertentu menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin air dan generator. Daya yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan rumus berikut :

1. Perhitungan Debit Air (White, 2011)……(2.1)

   $$Q = \frac{V}{S}$$

   Dimana:

   V = Volume wadah (m^3)

S = Waktu (s)

2. Daya Hidrolisis (White, 2011)

$P_{Hydrolisis}$ = ρ × g × h × Q……..(2.2)

Dimana:

P	= daya hiydrolisis (Watt)
ρ	= massa jenis air (kg/m^3)
g	= percepatan grafitasi (m/s^2)
h	= head (m)
Q	= debit aliran air (m^3/s)

Dengan effisiensi turbin rancangan yang diperoleh, maka perhitungan daya turbin dapat didasarkan pada rumus dibawah ini:

$Pt = Pa$ ηt……..(2.3)

Dimana:

Pt	= Daya keluaran turbin (kW)
Pa	= Daya potensial air (kW)
ηt	= Efisiensi turbin (%)

3. Kecepatan Spesifik Turbin (Arismunandar, 1988)

Untuk mencari kecepatan spesifik suatu turbin dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$Ns = n\frac{\sqrt{P}}{H^{5-4}}$……..(2.4)

Dimana:

Ns	= Putaran spesifik turbin (rpm)
n	= Putaran poros turbin (rpm)
P	= Daya turbin (HP)
H	= Head (m)

4. Poros Turbin Kaplan

Pada poros dengan penampang bulat pejal nilai tegangannya adalah sebagai berikut:

$$\sigma_{\times} = {}^{32M}/_{\pi d_s^3} \quad \text{.....(2.5)}$$

$$\tau_{\times y} = {}^{16T}/_{\pi d_s^3} \quad \text{.....(2.6)}$$

Dimana:

$\sigma_{\times}$	= Tegangan tarik (kg/mm^2)
$\tau_{\times y}$	= Tegangan geser (kg/mm^2)
d	= Diameter poros (mm)
M	= Momen lentur pada penampang kritis
T	= Momen puntir pada penampang kritis

Sehingga:

$$\tau_{\max} = \left({}^{5,1}/_{d_s^3}\right)\sqrt{(M^2) + (T^2)} \quad \text{.....(2.7)}$$

Untuk mencari besar diameter poros dapat dipakai rumus sebagai berikut (Sularso & Suga , 2004):

$$ds \geq \left[\frac{5,1}{\tau a}\sqrt{(km.M)^2} + (kt.T)^2\right]^{1/3} \quad \text{.....(2.8)}$$

Keterangan:

τa	= Tegangan geser bahan yang diizinkan (kg/mm^2)
$\tau a = \frac{\sigma_{\times}}{v1 \times v2}$	
M	= Momen lentur (kg.mm)
T	= Momen puntir (kg.mm)

5. Sudut sudu turbin (Situmorang & Zaira, 2022)

Untuk mencari kemiringan sudut sudu trubin dapat dihitung dengan rumus:

$$\theta = \frac{H}{L} \quad \text{.....(2.9)}$$

$\theta = arc \sin \theta$.....(2.10)

Keterangan :

Θ = Sudut turbin (°)

L = Panjang turbin (m)

6. Panjang Turbin (Zaira & Naibaho, 2023)

Untuk mengetahui panjang turbin bisa dihitiung menggunakan rumus :

L = $\frac{H}{\sin \theta}$.....(2.11)

BAB III

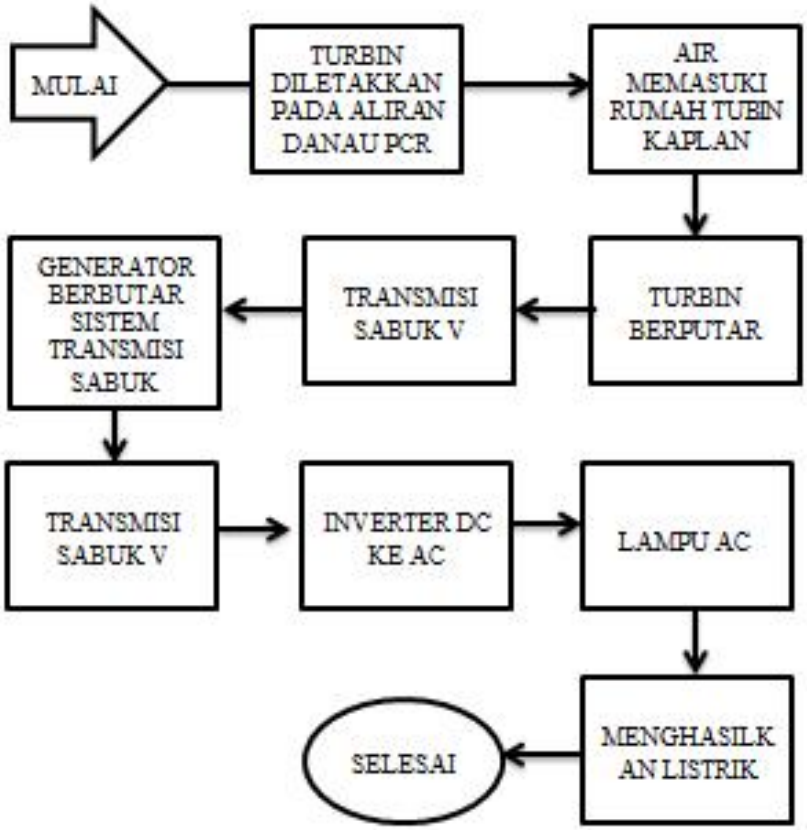
PERANCANGAN

3.1 Umum

Turbin Kaplan merupakan turbin reaksi aksial. turbin ini terdiri dari baling-baling. Baling-baling biasanya ada 3-6 bilah yang disebut *runner blades*. *Runner blades* memiliki profil khusus yang menyebabkan penurunan tekanan air mengalir melalui impeller. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya. *Runner blades* yang memungkinkannya berputar.

3.2 Flow Chart Proses Kerja Turbin Kaplan

Flow chart adalah diagram yang digunakan untuk menjelaskan alur dari sebuah program. Flow chart bisa mempermudah pembaca agar mengerti langkah – langkah instruksi secara berurutan dan teratur.Berikut adalah Flowchart yang digunakan :



Gambar 3. 1 *Flowchart*

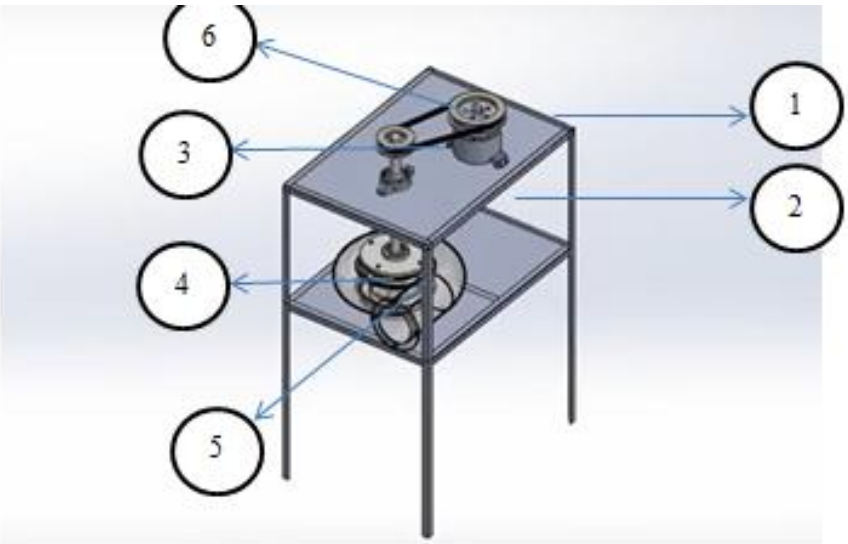
3.3 Perancangan Alat

Dalam Perancangan Turbin Kaplan, Perancangan alat harus sangat diperhatikan agar komponen tidak salah desain, yang akan mengakibatkan biaya produksi yang signifikan dan peralatan yang diproduksi akan lebih berat, serta spesifikasi desain yang mengikuti perhitungan teoritis, dan bagian utama yang akan dirancang adalah :

1. Rangka Turbin Kaplan
2. *Blade* turbin Kaplan

3.3.1 Perancangan Rangka Turbin Kaplan

Rangka turbin kaplan adalah suatu bagian untuk menopang turbin sehingga sudut dan head dapat sesuai dengan yang diinginkan. Rangka turbin terbuat dari besi siku. Pastikan rangka kuat untuk proses dalam pengelasan listrik. (Situmorang & Zaira, 2022)



No	Komponen
1	Generator DC
2	Rangka Turbin Kaplan
3	Pulley
4	Rumah turbin kaplan
5	Baling baling
6	*V-Belt*

Gambar 3. 2 Rangka Turbin Kaplan

3.3.2 Spesifikasi Turbin Kaplan

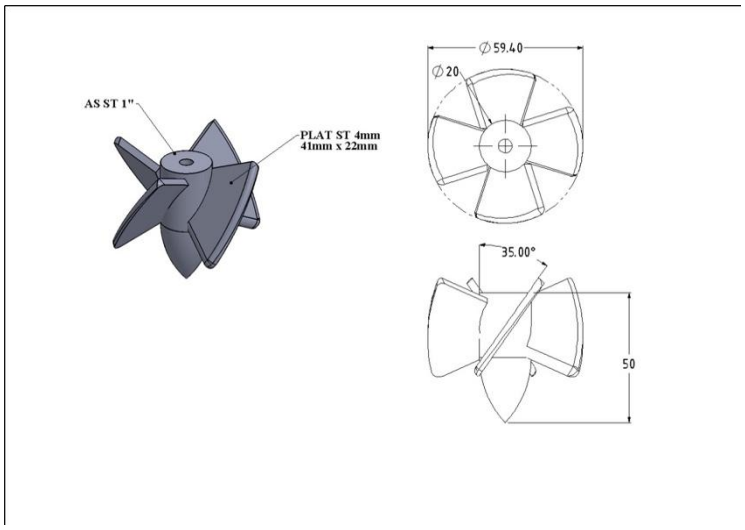
Untuk spesifikasi turbin Kaplan menggunakan data - data turbin yang sudah diteliti oleh peneliti sebelumnya (Situmorang & Zaira, 2022). Adapun data – data turbin Kaplan yang diperoleh pada table 3.1 berikut :

Tabel 3. 1 Hasil perancangan turbin kaplan

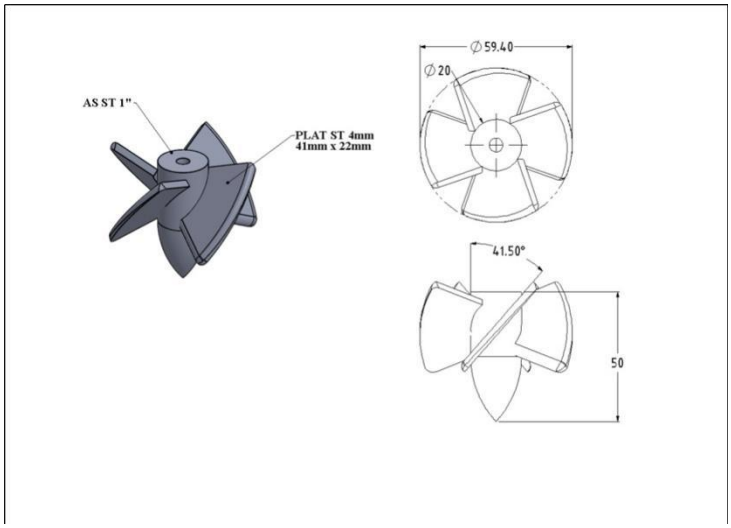
DATA HASIL RANCANGAN TURBIN KAPLAN		
NO	DATA	NILAI
1.	Sudut Sudu Inlet	41.50°
2.	Kecepatan Runner Pada Bagian Luar	2.993m/s
3.	Kecepatan Aliran Air	$7.85m/s$
4.	Radius dalam turbin	$0{,}1125m$
5.	Panjang Turbin	$1{,}1405m$
6.	Jarak Runner Dengan Sudu	$39.25\ mm$
7.	Jumlah Sudu	4 buah
8.	Daya Teoritis Air	$94.84\ watt$
9..	Efisiensi Turbin	0.063%
10.	Kecepatan Pusaran Air	$0.5m/s$
11.	Daya Teoritis Turbin	$6.03\ watt$
12.	Kapasitas Generator DC	350 watt
13.	Diameter Puli	2’’ dan 11.8

3.3.3 Perancangan Blade Turbin Kaplan

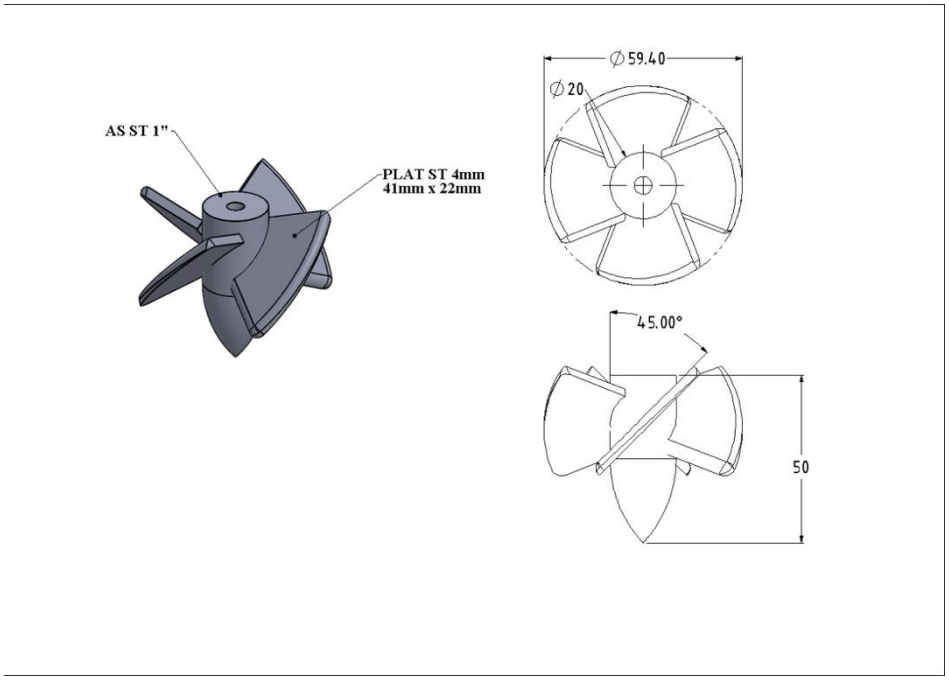
Blade Turbin Kaplan adalah bagian yang terpenting, digunakan dengan presisi setinggi mungkin untuk mendapatkan penyaluran daya yang direncanakan, setiap sudu dirancang dengan plat besi 2mm yang berubah bentuk atau tidak bengkok ketika terkena tekanan air. Pada penelitian ini dilakukan variasi sudut sudu turbin yaitu 35°, 40°, dan 45°. adapun desain dari sudu turbin yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar 3.5 .



Gambar 3. 3 Sudut *Blade* 35°



Gambar 3. 4 Sudut *Blade* 40°



Gambar 3. 5 Sudut *Blade* 45°.

BAB IV
PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pengujian

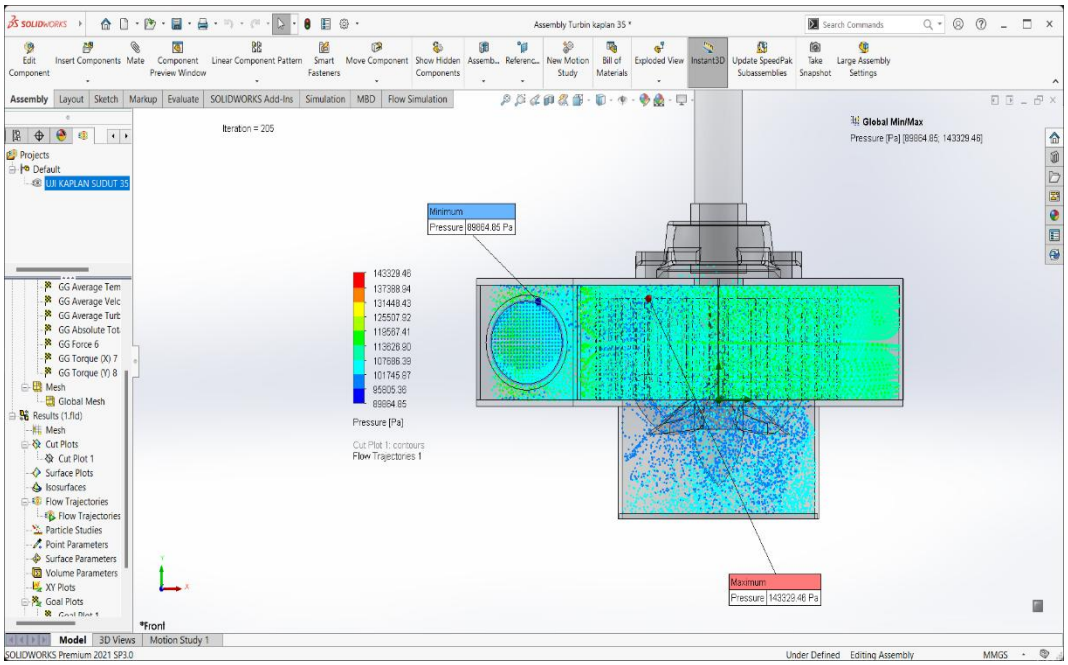
Pengujian data dilakukan menggunakan sumulasi dari *Software.* Untuk Turbin Kaplan sudah dibuat desainnya menggunakan *software* desain 3D yaitu *Solidwork* dan juga di uji coba menggunakan *software* tersebut. Untuk perhitungan hasil variasi sudut sudu turbin Kaplan dapat disimpulkan di bawah ini.

4.1.1 Gambar Simulasi

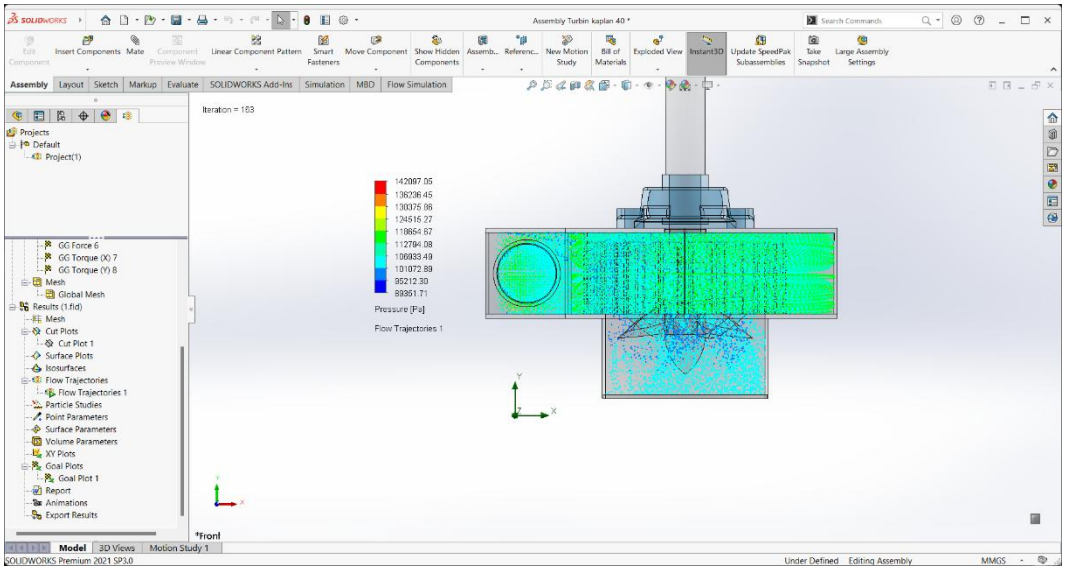
Berikut adalah gambar dari simulasi yang dilakukan menggunakan *software Solidworks* :

- Tekanan (Pressure)

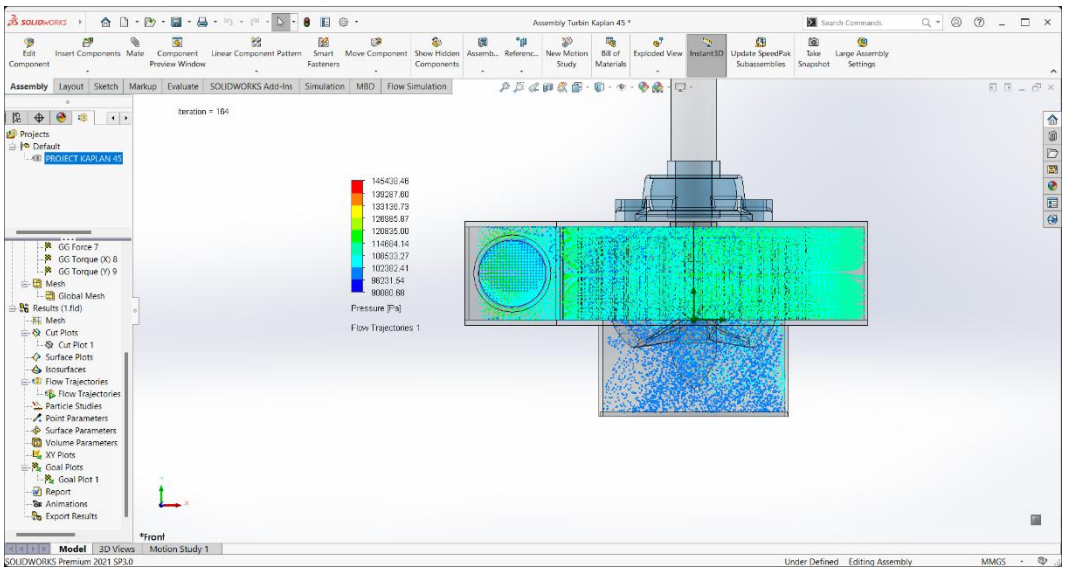
Tekanan berperan sangat penting pada turbin Kaplan karena mempengaruhi aliran air yang masuk ke turbin. Semakin tinggi tekanan, semakin cepat air mengalir, yang membuat turbin berputar lebih cepat. Ini membuat konversi energi potensial air menjadi energi mekanik yang lebih efisien dan menghasilkan lebih banyak listrik. Tekanan yang tepat juga membantu mengatur sudut bilah turbin agar beroperasi secara optimal.



Gambar 4 1 Simulasi Tekanan (*Pressure)* sudut 35°



Gambar 4 2 Simulasi Tekanan (*Pressure)* sudut 40°



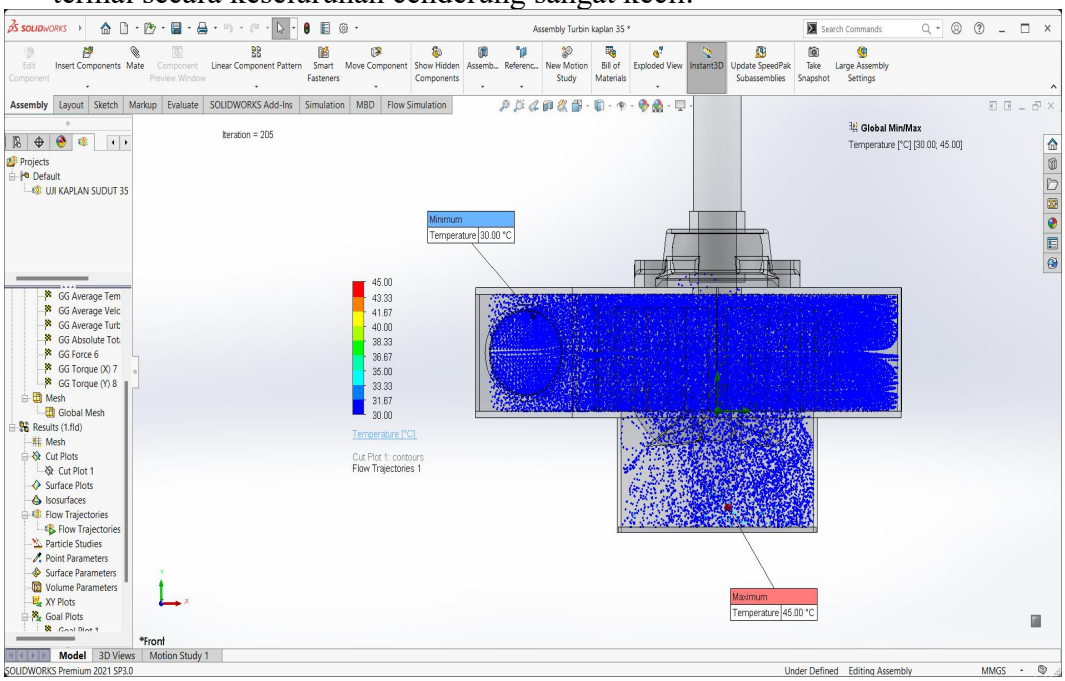
Gambar 4 3 Simulasi Tekanan (*Pressure)* sudut 45°

- *Temperature*

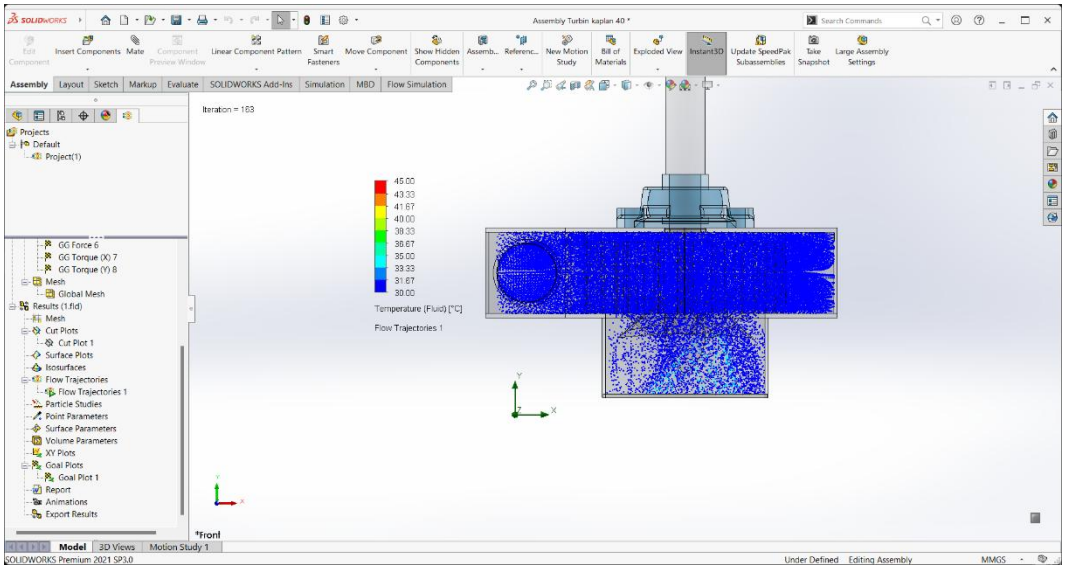
Temperatur mempengaruhi kinerja turbin Kaplan karena suhu air memengaruhi viskositas dan kepadatan air. Air yang lebih hangat memiliki viskositas lebih rendah, sehingga aliran air lebih lancar dan efisien. Selain itu, suhu yang tepat juga menjaga ketahanan material turbin agar tetap optimal.

Perubahan suhu air dalam turbin Kaplan tidak besar. Meskipun gesekan dalam sistem turbin dapat menyebabkan sedikit peningkatan suhu, aliran air yang besar dan cepat membantu menjaga suhu tetap stabil. Selain itu, penurunan tekanan yang terjadi dalam turbin sedikit mengurangi suhu air, tetapi efek

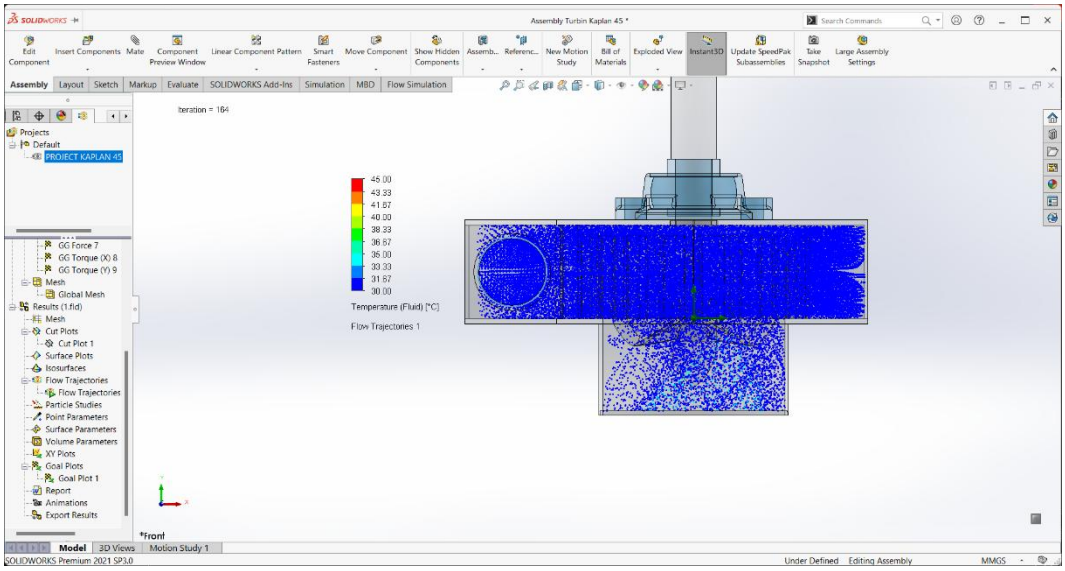
termal secara keseluruhan cenderung sangat kecil.



Gambar 4. 4 Simulasi *Temperature* sudut 35°



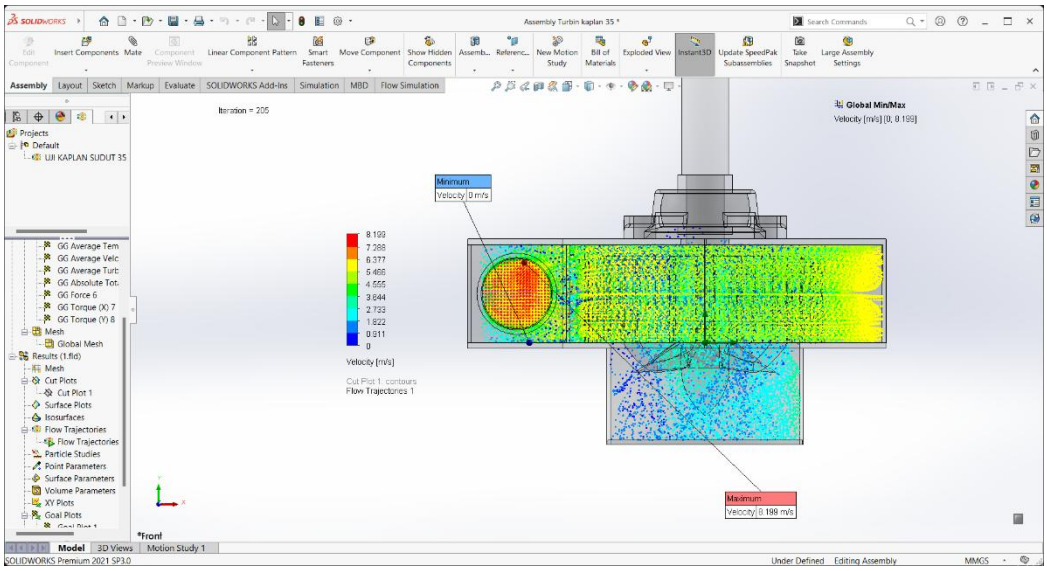
Gambar 4. 5 Simulasi *Temperature* sudut 40°



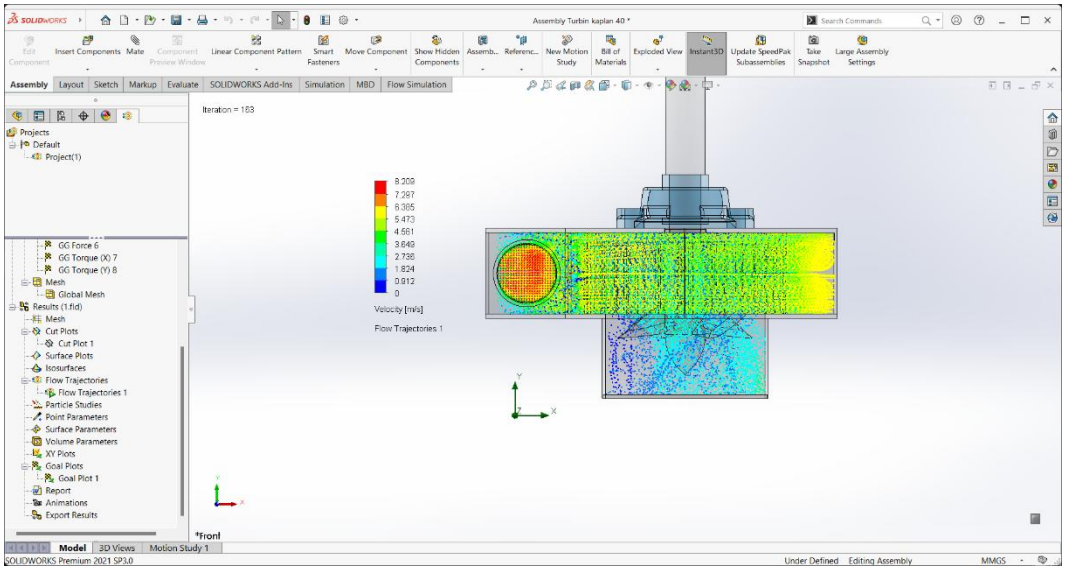
Gambar 4. 6 Simulasi *Temperature* sudut 45°

- Kecepatan *(Velocity)*

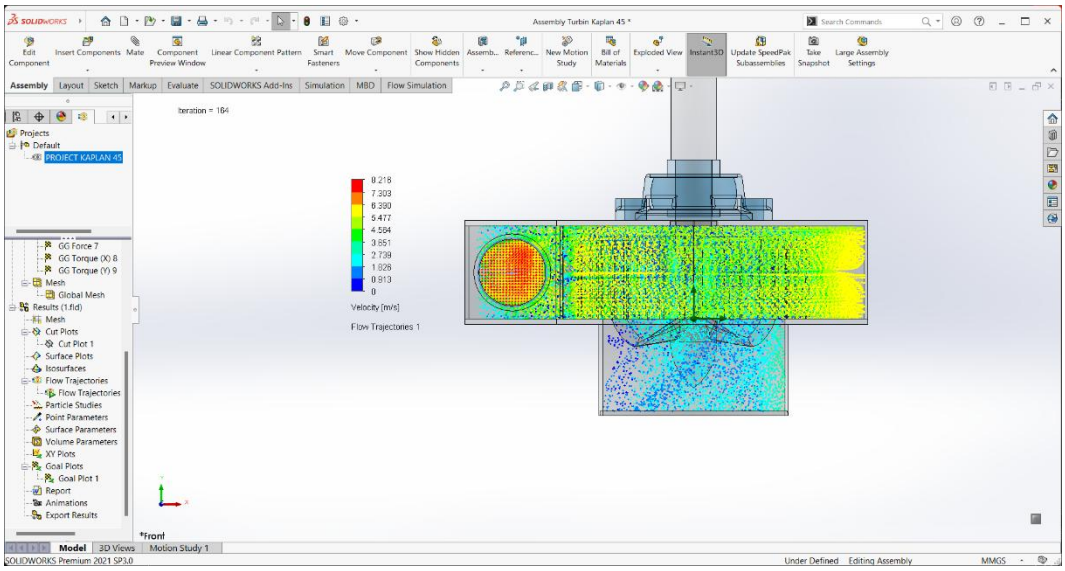
Kecepatan aliran air penting karena semakin cepat air mengalir, semakin besar energi kinetik yang dapat digunakan untuk memutar bilah turbin. Ini meningkatkan efisiensi turbin dan menghasilkan lebih banyak listrik. Kecepatan aliran yang tepat juga memungkinkan penyesuaian sudu turbin untuk mencapai kinerja optimal.



Gambar 4 .7 Gambar 4.7 Simulasi *Velocity* sudut 35°



Gambar 4. 8 Simulasi *Velocity* sudut 35°



Gambar 4 9 Simulasi *Velocity* sudut 45°

4.1.2 Tabel Nilai Simulasi

Berikut adalah table nilai yang didapat dari simuasi menggunakah *software Solidworks.*

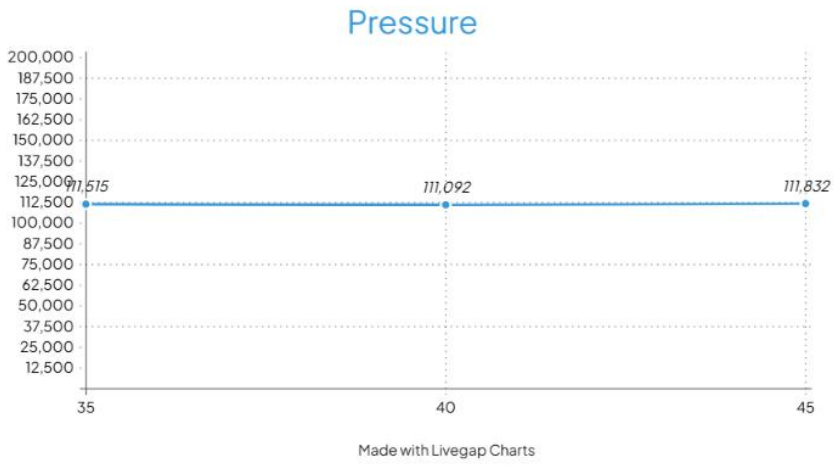
Tabel 4. 1 Data simulasi *solidwork*s

Sudut Sudu	Tekanan (*Pressure*)	Temperature	Velocity

35°	111515,3715 (Pa)	30.15 (°C)	3.00 (m/s)
40°	111092,7035 (Pa)	30.30 (°C)	2.97 (m/s)
45°	111832,1507 (Pa)	30.32 (°C)	2.98 (m/s)

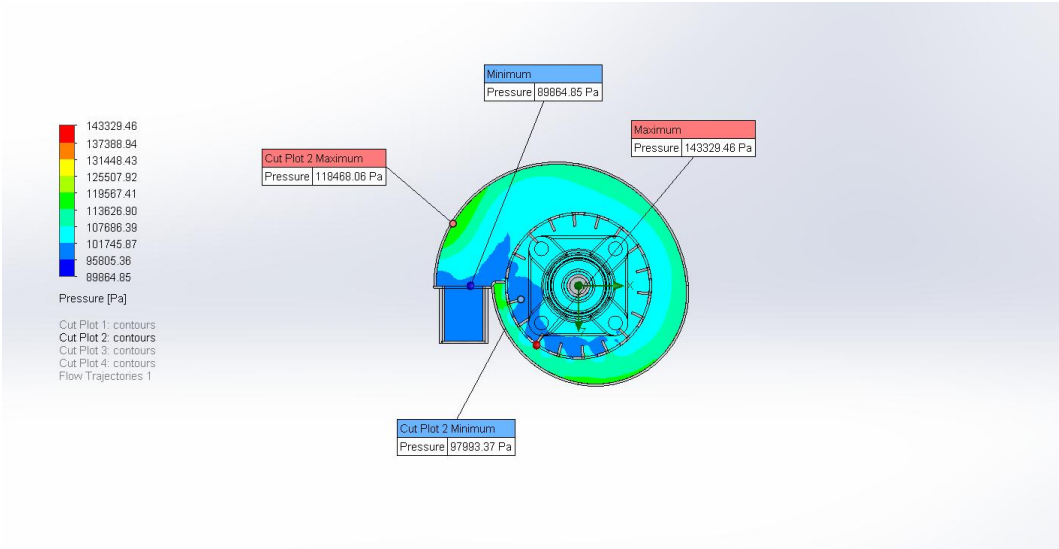
4.2 Analisis Keseluruhan

A. Tekanan (*Pressure*)



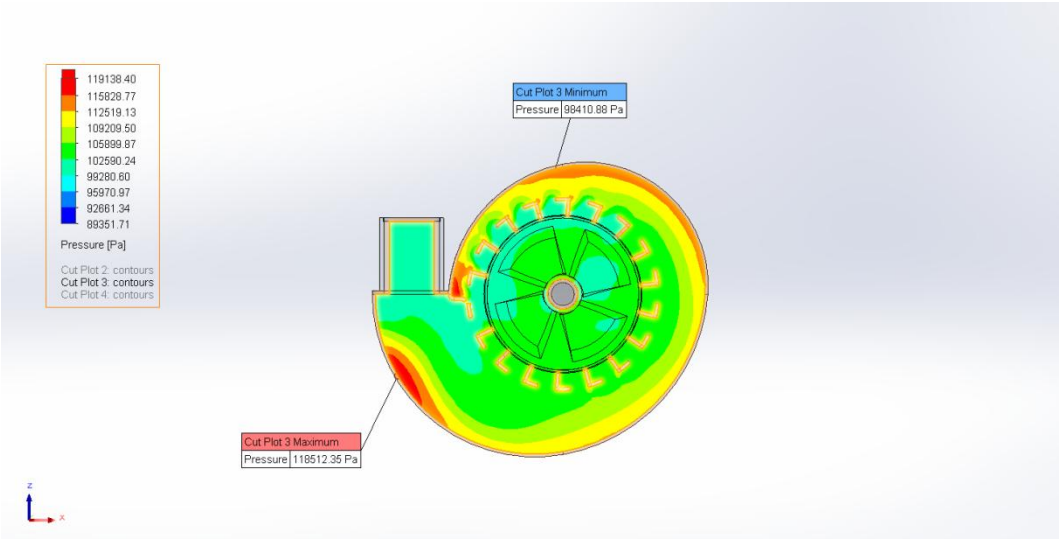
Grafik 4 1 Nilai Tekanan (Presure)

Pada sudut 35°, tekanan tinggi dihasilkan karena debit air dan head yang optimal saat memasuki rumah turbin sebesar 111515.3715 Pa .Penurunan tekanan terbesar terjadi ketika air mulai memutar sudu runner, di mana energi kinetik air dikonversi menjadi energi mekanik untuk memutar poros turbin.



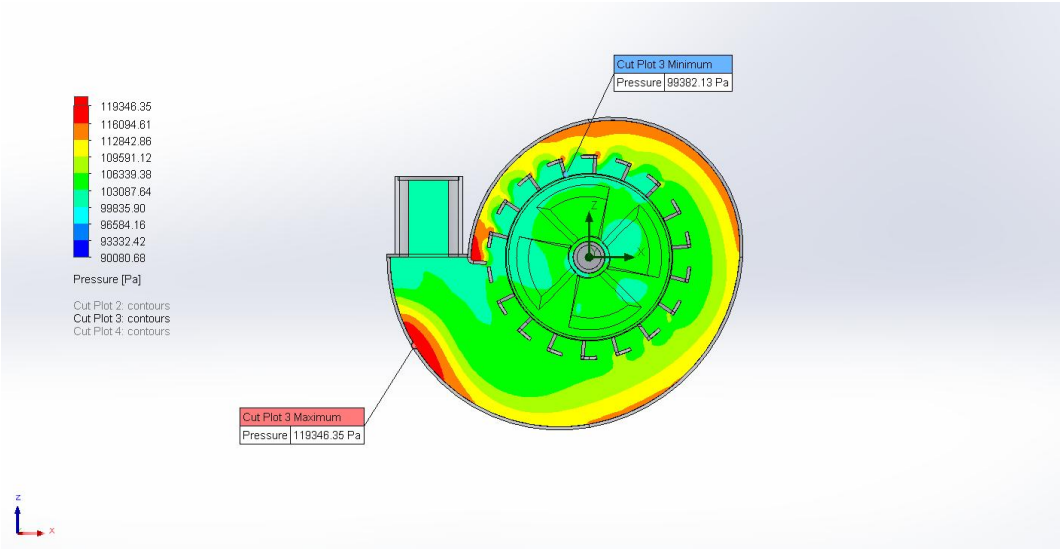
Gambar 4. 10 Simulasi *contour Pressure* sudut 35°

Tekanan lebih rendah pada sudut 40° menjadi sebesar 111092,7035 Pa menunjukkan distribusi tekanan yang lebih merata di seluruh permukaan sudu, sehingga energi kinetik lebih efisien dikonversikan menjadi energi mekanik.



Gambar 4 11 Simulasi *contour Pressure* sudut 40°

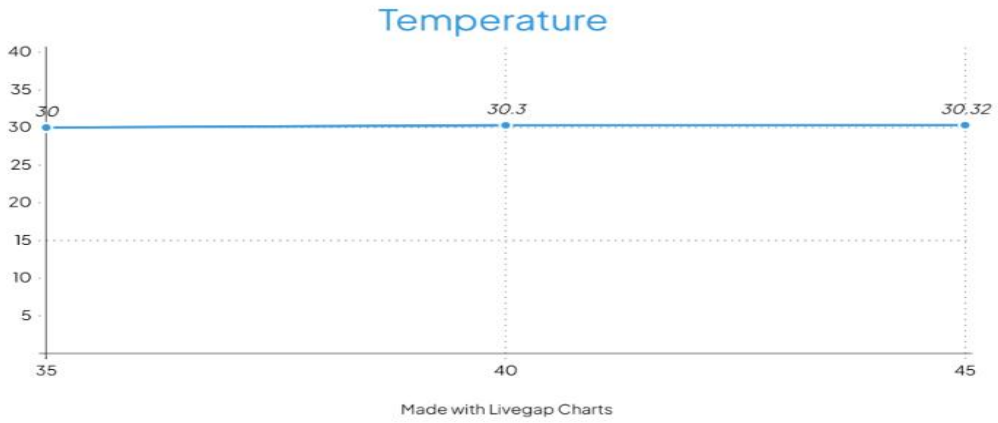
.Kenaikan tekanan kembali pada sudut 45° menjadi sebesar 111832,1507 Pa ,mungkin disebabkan oleh peningkatan hambatan fluida akibat sudut sudu yang lebih besar.



Gambar 4. 12 Gambar 4.12 Simulasi *contour Pressure* sudut 45°

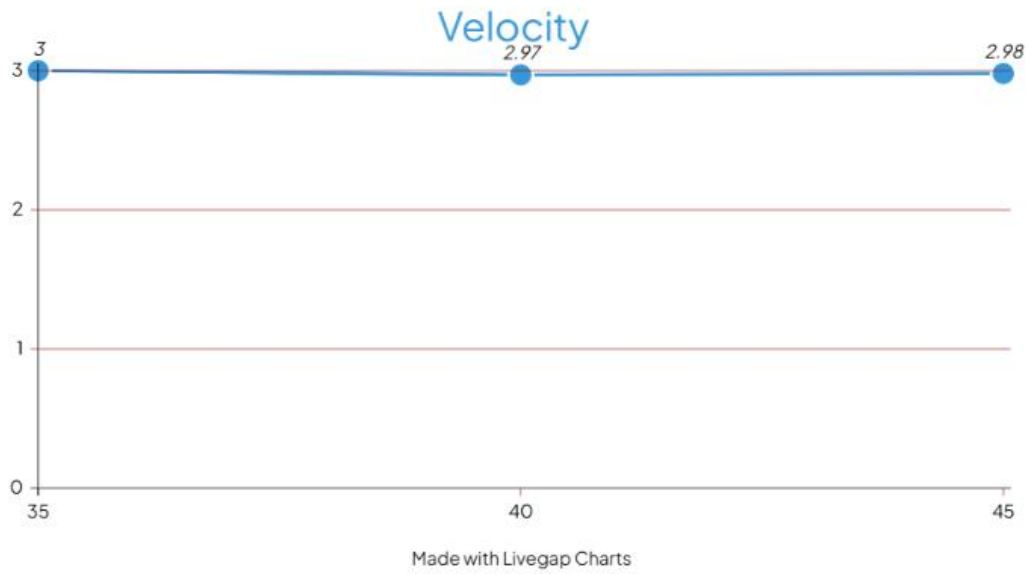
B. Temperature

Gesekan fluida dalam rumah turbin menghasilkan sedikit kenaikan suhu. Namun, perubahan tekanan yang signifikan cenderung menurunkan suhu air. Stabilitas suhu ini menunjukkan bahwa sistem turbin mampu mengelola efek termal dengan baik, yang penting untuk menjaga efisiensi operasional dalam jangka panjang.



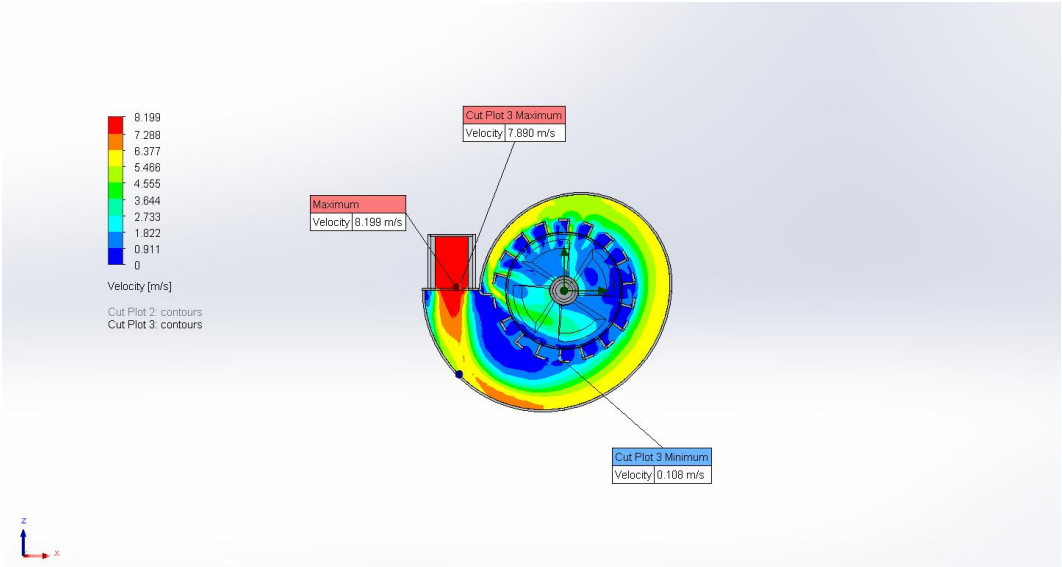
Grafik 4 2 Nilai Temperature

C. Kecepatan (*Velovity*)



Grafik 4. 3 Nilai Kecepatan (Velocity)

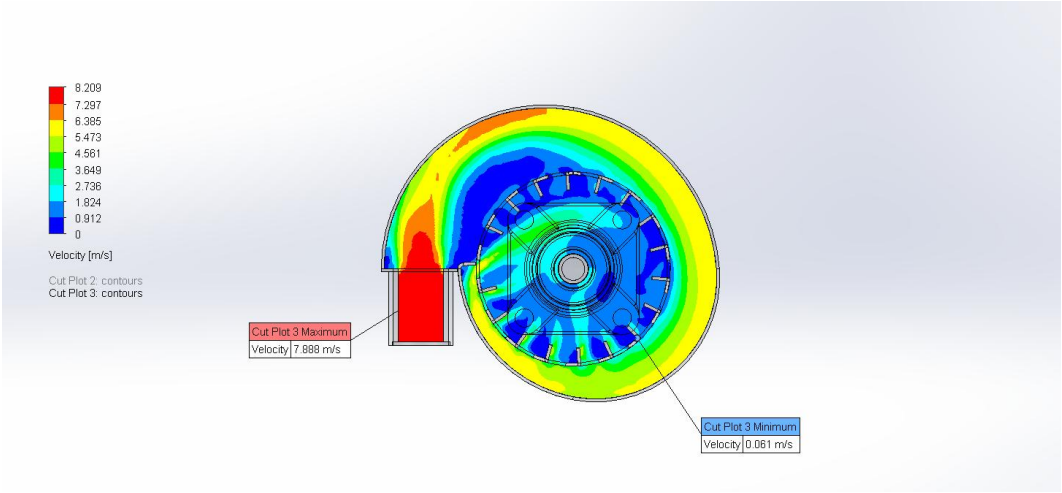
Kecepatan air tertinggi terjadi pada inlet turbin (sekitar 3 m/s pada sudut 35°), dan berkurang pada outlet seiring konversi energi kinetik menjadi energi mekanik.



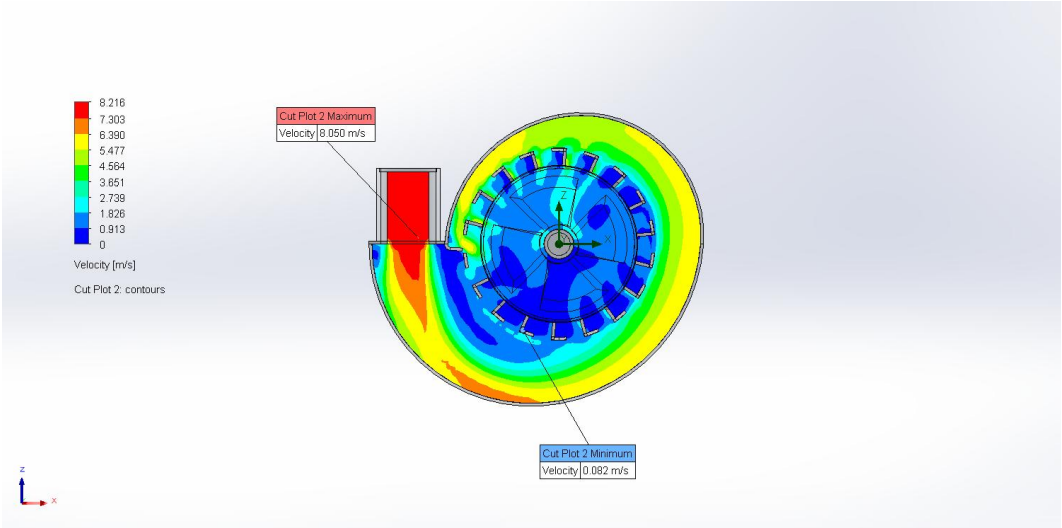
Gambar 4 13 Simulasi *contour velocity* sudut 35°

Kecepatan aliran yang lebih rendah pada sudut 40° dan 45° menunjukkan peningkatan efisiensi dalam mengubah energi kinetik menjadi energi

mekanik.Kecepatan tinggi di inlet dan rendah di outlet mencerminkan desain rumah turbin dan sudu yang efektif dalam mengarahkan aliran fluida untuk menghasilkan torsi maksimum.



Gambar 4. 14 Simulasi *contour velocity* sudut 35°



Gambar 4. 15 Simulasi *contour velocity* sudut 35°

D. Hubungan Keseluruhan

Pada sudut 35° Tekanan sedikit lebih tinggi, yang menyebabkan kecepatan aliran air lebih tinggi pada inlet. Kecepatan yang lebih tinggi ini berpotensi menghasilkan lebih banyak energi mekanis karena lebih banyak energi kinetik yang tersedia untuk diubah menjadi energi mekanis.

Sedangkan pada sudut 40° dan 45° Tekanan sedikit lebih rendah dan kecepatan air sedikit berkurang, yang mungkin menunjukkan pengaruh sudu turbin yang berbeda dalam mengarahkan aliran dan mengurangi energi kinetik.

Efek Tekanan pada Temperatur tekanan yang tinggi di inlet dapat menyebabkan sedikit peningkatan suhu karena gesekan dalam aliran air. Namun, karena aliran air yang besar dan cepat, suhu tetap stabil dan tidak menunjukkan perubahan signifikan.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1) Secara keseluruhan, **kecepatan** dan **tekanan** memiliki hubungan langsung yang saling mempengaruhi dan berkontribusi pada efisiensi konversi energi dalam turbin Kaplan. **Temperatur**, meskipun memiliki pengaruh yang sangat kecil terhadap kinerja turbin, tetap stabil dan tidak berperan besar dalam perubahan kinerja turbin. Kecepatan air, meskipun bervariasi dengan sudut sudu, tidak terlalu memengaruhi suhu secara signifikan, tetapi berperan penting dalam menghasilkan energi mekanis
2) **Efektivitas Turbin**: Hasil pengujian menunjukkan bahwa turbin Kaplan bekerja cukup efisien meskipun ada penurunan sedikit pada beberapa parameter seperti tekanan dan kecepatan saat sudut sudu berubah. Ini menunjukkan desain turbin yang baik dalam mempertahankan kinerja yang stabil.
3) **Pengaruh Sudut Sudu**: Perubahan sudut sudu turbin (35°, 40°, 45°) memberikan dampak yang relatif kecil terhadap parameter utama seperti suhu, entalpi, dan energi turbulen. Namun, pengaruh terhadap daya dan energi mekanik cukup signifikan, di mana daya yang dihasilkan meningkat dengan sudut sudu yang lebih besar.
4) **Efisiensi Energi**: Daya yang dihasilkan oleh turbin meningkat sedikit pada sudut 40° dan 45°, tetapi perubahan ini tidak terlalu besar, yang menunjukkan bahwa turbin beroperasi pada titik optimal untuk sudut sekitar 35° hingga 45°. Sudut sudu lebih besar tidak menyebabkan peningkatan daya yang signifikan, namun dapat berpengaruh pada kestabilan dan efisiensi operasional dalam kondisi tertentu.

5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut dapat difokuskan pada variasi debit air atau head untuk mengeksplorasi performa di kondisi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

SAPUTRA, O. (2018). ANALISA PENGARUH DIAMETER SUDU. 1-13.

Sularso, I., & Suga , K. (2004). *Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin.* Malang.

Saputra, R., & Liichan, T. (2018). PERANCANGAN ULANG TURBIN KAPLAN POROS VERTIKAL. 1-9.

B Baidar, J. N. (2019). Sensitivity of the Winter-Kennedy method to inlet and runner blade angle change on a Kaplan turbine.

Jeri Pranio, K. (2020). PENGARUH JUMLAH SUDU DAN KECEPATAN AIR TERHADAP KINERJA TURBIN AIR SUMBU VERTIKAL TIPE HELIKS GORLOV.

Purwantono, Syahrul, & Adri, J. (2018). Pengaruh Perubahan Debit Aliran Terhadap Putaran Turbin Banki dan. *Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, 13-18. Diambil kembali dari http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/article/view/173/45

Said, N. A. (2021, 8 12). *Fungsi Pulley dan Sabuk Belt, Kelebihan dan Kekurangannya*. Diambil kembali dari https://teknikjaya.co.id: https://teknikjaya.co.id/fungsi-pulley/

White, F. M. (2011). *Fluid Mechanics (Seventh Edition ed.).* New York: McGraw-Hill.

Situmorang, S. S., & Zaira, J. Y. (2022). *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Pikohidro Menggunakan Turbin Kaplan Pada Aliran Danau Politeknik Caltex Riau.* Pekanbaru: Politeknik Caltex Riau.

Amrullah, Jaya, A., Ahiruddin, & Yunus, S. (2022). Analisa Pengaruh Perubahan Sudut Sudu Pengarah Aliran Air Terhadap Prestasi Turbin Kaplan. *Jurnal Teknik Mesin FT-UMI*.

Arismunandar, W. (1988). *Penggerak Mula Turbin.* Bandung: ITB Bandung.

Zaira, J. Y., & Naibaho, O. R. (2023). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Pikohidro Menggunakan Turbin Screw Pada Aliran Danau PCR. *Jurnal Teknik mesin Politekni Negri Padang*, 1-8.

Harja, H. B., Abdurrahim, H., Yoewono, S., & Riyanto, H. (2014). Penentuan Dimensi Sudu Turbin dan Sudut Kemiringian Poros. *Metal Indonesia*.

Maolana, A., Sanjaya, F. L., & Suprihadi, A. (2024). Uji Pengaruh Variasi Sudu Turbin Pada Sudut Kemiringan Poros 15 derjat Terhadap Daya dan Efesiensi Turbin Archimedes . *Nozel Journal Mechanical Engineering*.

Sofia. (2024, Juli 16). *SMS PERKASA*. Diambil kembali dari rak besi siku vs rak besi hollow mana yang lebih baik: https://www.smsperkasa.com/blog/rak-besi-siku-vs-rak-besi-hollow-mana-yang-lebih-baik

Ibriza, F., & Wiseno, E. (2022). Perancangan Poros Pada Mesin Pengurai Limbah Kelapa Muda. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 4179.

Setiawan , D., Atmam, & Setiawan, W. (2021). SISTEM PENGENDALIAN GENERATOR DC EKSITASI. *Jurnal Teknik*, 1-8.

Admin. (t.thn.). *Sinar Berkat Surya Jakarta*. Diambil kembali dari mengenal tentang inverter pengertian fungsi cara kerja dan jenisnya: https://www.sinarberkat.co.id/mengenal-tentang-inverter-pengertian-fungsi-cara-kerja-dan-jenisnya/

Team, O. (2024, Maret 22). *otoklix*. Diambil kembali dari Bearing: Pengertian, Fungsi, dan Jenisnya: https://otoklix.com/blog/bearing-pengertian-fungsi-dan-jenisnya/

Fastindo, D. (2021, Juni 19). *Fastinfo Jaya Abadi*. Diambil kembali dari Mengenal Lebih Dekat Dengan Mur Dan Baut Beserta Jenisnya: https://www.fastindojayaabadi.com/post/mengenal-lebih-dekat-dengan-mur-dan-baut-beserta-jenisnya

Academy, S. (2022, Juli 14). *Sampoerna Academy*. Diambil kembali dari Jangka Sorong: Pengertian, Penjelasan Bagian, dan Penggunaan: https://www.sampoernaacademy.sch.id/id/jangka-sorong-adalah/

Erick, Y. (2021, Agustus 9). *Stella Maris Collage*. Diambil kembali dari Pengertian Stopwatch: Fungsi, Jenis, Kegunaan, Cara Menggunakan: https://stellamariscollege.org/stopwatch/

Ukur, A. (2022, Agustus 15). *sentrakalibrasiindustri*. Diambil kembali dari Prinsip Kerja dan Bagian-Bagian Tachometer (Alat Ukur RPM): https://www.sentrakalibrasiindustri.com/prinsip-kerja-dan-bagian-bagian-tachometer-alat-ukur-rpm/

Setiawan, Y., Wijianti, E. S., Saparin, Wibowo, B. S., & Prayitnoadi, P. (2021). Kinerja Putaran Rotor Turbin Air Screw Archimides Dengan Variasi Kemiringan Sudut Turbin. *Machine : Jurnal Teknik Mesin* .