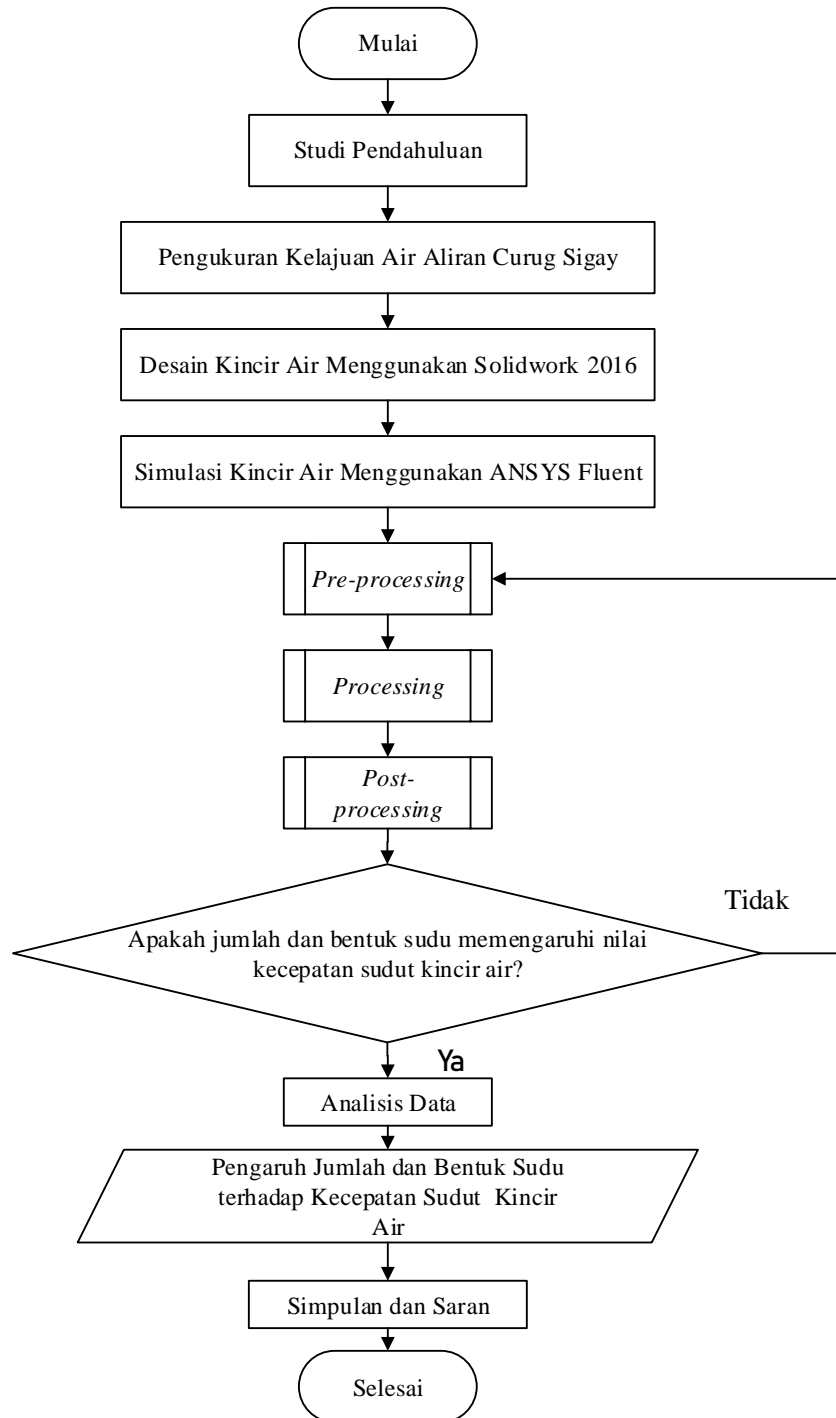


BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian dijelaskan melalui diagram alir atau *flowchart* penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 *Flowchart* metode penelitian

3.1 Studi Pendahuluan

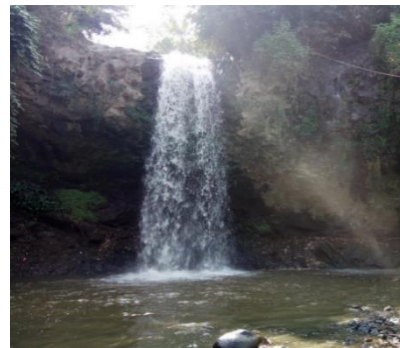
Studi pendahuluan merupakan tahap awal dalam pelaksanaan penelitian. Kegiatan yang dilakukan dalam studi pendahuluan adalah mencari dan mempelajari artikel-artikel tentang penelitian yang berkaitan dengan pengukuran kelajuan air, kincir air, mendesain kincir air menggunakan Solidwork 2016 dan simulasi *Computational Fluid Dynamic* CFD pada kincir air. Dalam mempelajari dan memahami konsep-konsep mengenai simulasi CFD pada kincir air, mencakup pembelajaran mulai dari proses *pre-processing* hingga *post-processing*.

3.2 Pengukuran Kelajuan Air Aliran Curug Sigay

Aliran Curug Sigay menjadi sampel dari penelitian kali ini. Aliran ini berlokasi tepat di belakang kampus Universitas Pendidikan Indonesia, daerah Babakan Nagawir RT/RW.04/06, jalan Geger Arum Baru, Gegerkalong Girang, desa Isola, Kecamatan Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat. Alasan aliran ini menjadi sampel penelitian ini adalah karena aliran ini dekat dengan daerah pemukiman warga sekitar. Lokasi, kondisi air terjun (curug) dan aliran air curug Sigay dapat dilihat pada Gambar 3.2.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. 2 Lokasi (a), kondisi air terjun (b), dan aliran (c) Curug Sigay

Untuk melakukan pengukuran kelajuan air, diperlukan alat dan bahan sebagai pendukung berlangsungnya pengukuran. Tabel 3.1 menyajikan alat dan bahan yang diperlukan dalam pengukuran kelajuan air. Foto alat dan bahan yang digunakan untuk pengukuran kelajuan air Curug Sigay dapat dilihat pada gambar 3.3.

Tabel 3. 1
Alat dan bahan pengukuran kelajuan air

Nama Alat dan Bahan	Kuantitas	Keterangan
<i>Stopwatch</i>	2	Digunakan untuk menghitung waktu tempuh botol plastik (media pelampung) yang mengapung.
Pelampung	1	Botol kemasan air mineral 600 ml digunakan sebagai media pelampung. Botol ini sebelumnya diisi dengan air seberat 300 ml.
Meteran Pita	1	Meteran dengan panjang 150 cm digunakan untuk mengukur panjang, lebar, dan kedalaman aliran.
Pipa Paralon	1	Pipa paralon sepanjang 100 cm digunakan untuk mengukur kedalaman aliran air diperlukan sebuah pipa paralon sebagai acuan dalam pengukuran.



(a)



(b)



(c)

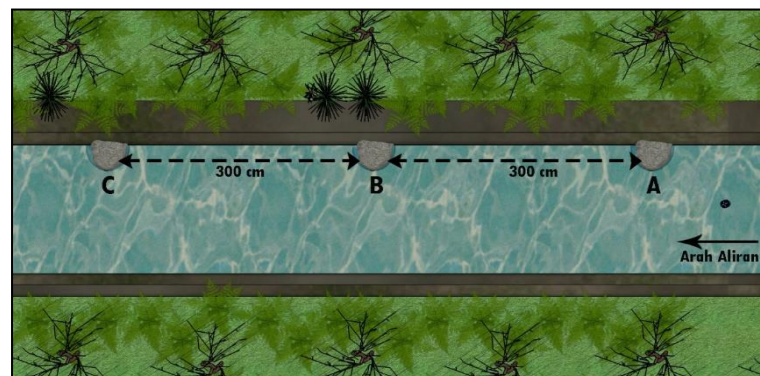


(d)

Gambar 3. 3 *Stopwatch* (a), pelampung (b), meteran pita (c), dan pipa paralon (d).

Selain alat dan bahan, pada tahapan pengukuran kelajuan air diperlukan tiga sampai empat partisipan untuk membantu proses eksperimen dan pengambilan data. Dengan dua partisipan berada pada titik percobaan (titik awal dan titik akhir) sebagai penjaga media pelampung agar tidak hanyut, dan satu atau dua partisipan sebagai pengatur *stopwatch* serta pencatat data eksperimen. Dengan medan eksperimen yang cukup ekstrem, diperlukan satu atau dua partisipan pria agar proses berjalan dengan aman.

Setelah alat dan bahan telah siap pakai, selanjutnya adalah melakukan pengukuran kelajuan air secara langsung untuk aliran bawah pada Curug Sigay. Gambar 3.4 merupakan desain eksperimen sederhana yang telah dilakukan. Eksperimen ini juga menggunakan batu berukuran sedang sebagai tanda titik-titik percobaan yaitu batu A, B, dan C serta aliran air yang mengalir horizontal dari titik A ke titik C. Setelah itu, Ekperimen berlangsung dengan menghitung waktu tempuh pelampung (botol kemasan air mineral) dari titik A ke titik B dan dari titik A ke titik C menggunakan dua buah *stopwatch* digital.



(a)



(b)

Gambar 3. 4 Skema pengukuran sederhana kelajuan air, sudut pandang atas (a), dan sudut pandang samping (b)

Pengukuran ini dilakukan sebanyak tiga hari untuk mendapatkan konsistensi nilai kelajuan air yang diperoleh. Dan setiap pengukuran dilakukan secara berulang sebanyak sepuluh kali percobaan. Berikut ini, tanggal, waktu dan kondisi saat pengukuran berlangsung:

a. Pengukuran 1

Dilakukan pada 15 Februari 2020, pukul 11.00 WIB s.d 12.05 WIB.
Kondisi cuaca cerah.

b. Pengukuran 2

Dilakukan pada 29 Februari 2020, pukul 11.50 WIB s.d 12.55 WIB.
Kondisi cuaca cerah.

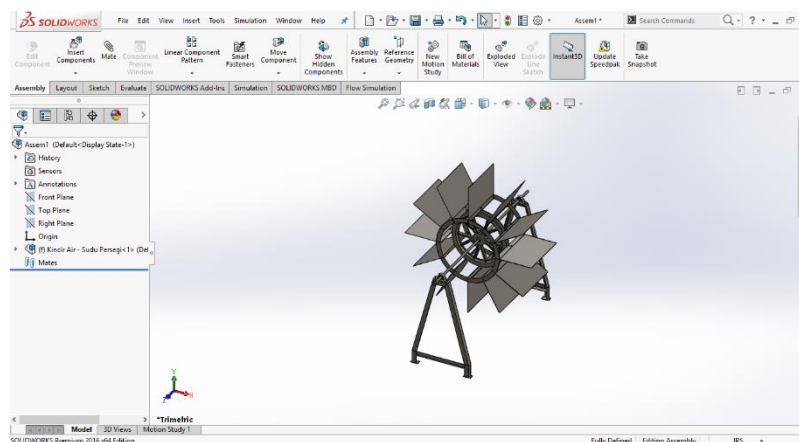
c. Pengukuran 3

Dilakukan pada 5 Maret 2020, pukul 10.00 WIB s.d 10.55 WIB. Kondisi cuaca *pasca* hujan.

3.3 Desain Kincir Air Menggunakan Solidwork 2016



(a)



(b)

Gambar 3. 5 Tampilan awal (a), dan halaman kerja (b) pada *software* Solidwork 2016

Tiara Rizkia Agust, 2020

SIMULASI KINCIR AIR UNDERSHOT DENGAN DATA KECEPATAN AIR CURUG SIGAY MENGGUNAKAN METODE COMPUTATION FLUID DYNAMIC (CFD) MELALUI SOFTWARE ANSYS FLUENT
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

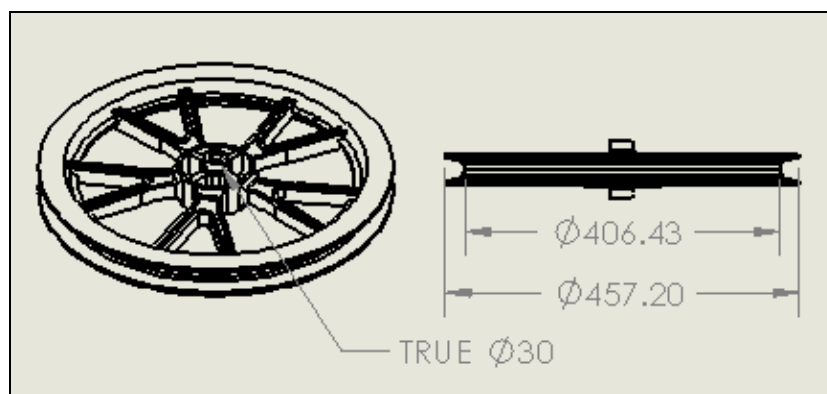
Gambar 3.5 merupakan sebuah tampilan awal dan halaman kerja dari aplikasi *Solidwork* 2016. Dassault Systemes merupakan pengembang *software* desain grafis untuk kalangan industri asal Perancis. Dessault Systemes menghadirkan *software Solidwork* 2016 yang mampu memberikan kemampuan-kemampuan baru, untuk berinovasi, mendesain, memvalidasi, bekerjasama membangun dengan cepat dan mudah mulai dari proses awal hingga akhir. *Solidwork* merupakan *software* desain yang cara kerjanya seperti *Autocad*. (Riadi, 2015). Dan untuk menggunakan *software* ini, diperlukan sebuah laptop atau *personal computer* dengan spesifikasi yang cukup tinggi. Sebagai contoh, dalam penelitian ini menggunakan laptop dengan spesifikasi RAM 4GB, *processor i3* 2,4 GHz.

Desain kincir *airundershot* yang dibuat dalam penelitian ini divariasikan berdasarkan jumlah sudu yang digunakan dan bentuk sudunya. Variasi jumlah sudu yang digunakan sebanyak lima buah yaitu 6, 8, 10, 12, dan 15 pada masing-masing bentuk sudu. Sedangkan bentuk sudu yang digunakan hanya dengan dua variasi yaitu sudu datar dan lengkung.

Pada *software Solidwork* 2016, terdiri dari tiga menu utama yaitu *part*, *assembly*, dan *drawing*. Sebelum menjadi sebuah *assembly* rangkaian diperlukan desain-desain per-partnya. Berikut ini bagian part utama yang digunakan dalam mendesain kincir air.

3.3.1 Roda Kincir

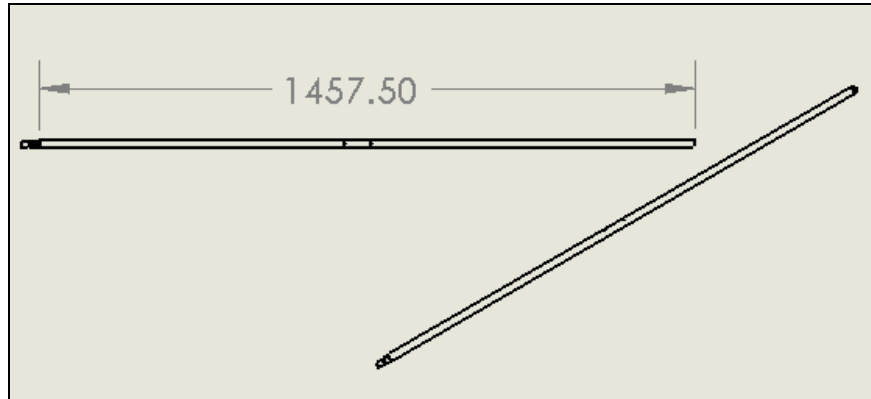
Roda kincir didesain menyerupai velg sepeda motor berbahan besi. Yang berfungsi sebagai tempat melekatnya sudu. Gambar 3.6 merupakan desain part untuk roda kincir beserta ukuran dalam satuan millimeter.



Gambar 3. 6 Roda kincir air

3.3.2 Poros Kincir

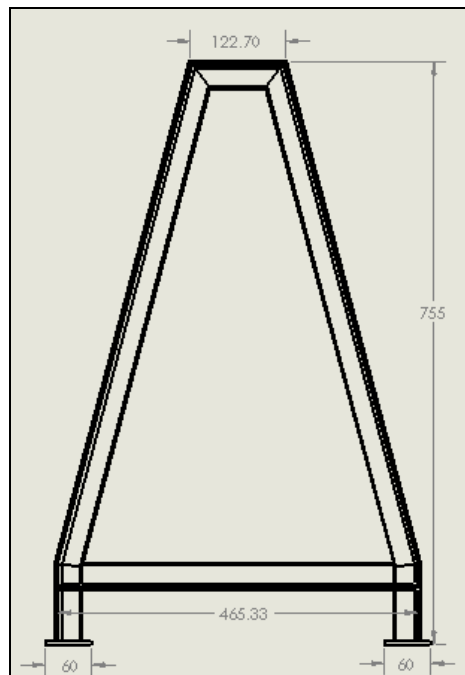
Poros kincir didesain seperti silinder pejal panjang berdiameter 30 mm berbahan besi. Poros berfungsi untuk meneruskan putaran kincir ke transmisi. Gambar 3.7 merupakan desain part kincir untuk poros kincir beserta ukuran dalam satuan millimeter.



Gambar 3. 7 Poros kincir air

3.3.3 Kaki Kincir

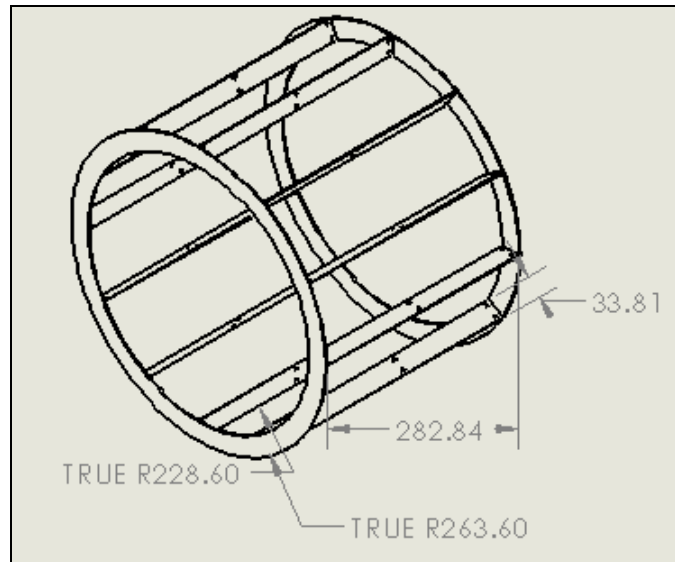
Kaki kincir didesain seperti segitiga sama kaki berbahan besi. Diperlukan dua buah kaki kincir untuk menyangga kincir air pada kedua buah sisi. Gambar 3.8 merupakan desain part kincir untuk kaki kincir beserta ukuran dalam satuan millimeter.



Gambar 3. 8 Kaki kincir air

3.3.4 Penyangga Sudu

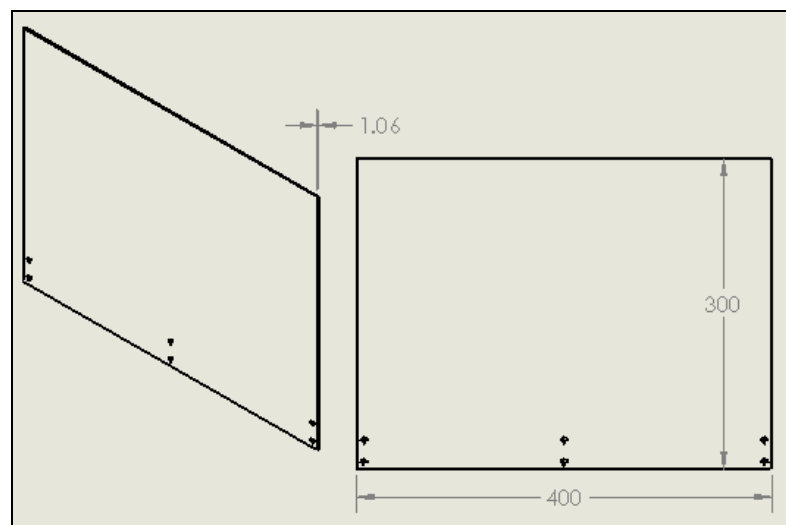
Penyangga sudu didesain melingkar berbahan seperti roda kincir. Penyangga ini dibuat sebagai penyangga sudu agar sudu tidak mudah terlepas dari rancangan. Gambar 3.9 merupakan desain part kincir untuk penyangga sudu beserta ukuran dalam satuan millimeter.



Gambar 3. 9 Penyangga sudu

3.3.5 Sudu Datar

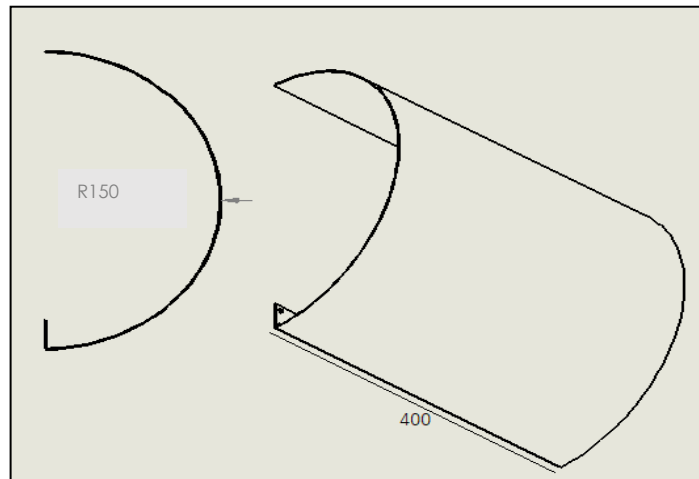
Sudu datar didesain berbentuk persegi panjang berbahan besi. Sudu datar ini dibuat sebagai salah satu variasi sudu penelitian yang berfungsi untuk mendapatkan energi dari air. Gambar 3.10 merupakan desain part kincir untuk sudu datar beserta ukuran dalam satuan millimeter.



Gambar 3. 10 Sudu datar

3.3.6 Sudu Lengkung

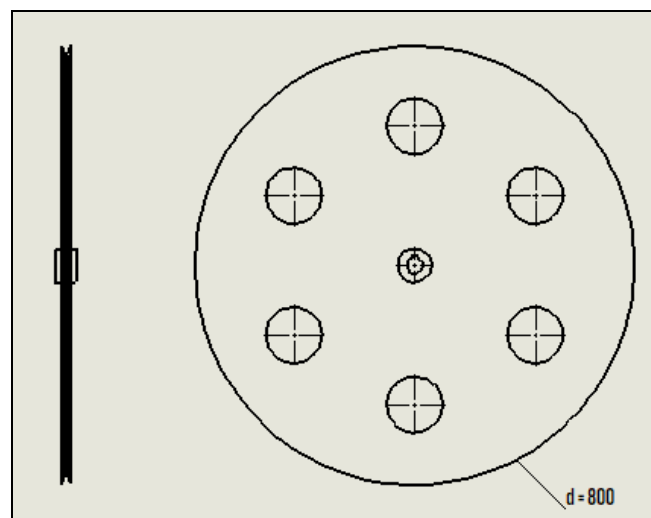
Sudu datar didesain berbentuk setengah silinder non pejal berbahan besi. Sudu lengkung ini dibuat sebagai salah satu variasi sudu penelitian yang berfungsi untuk mendapatkan energi dari air. Gambar 3.11 merupakan desain part kincir untuk sudu lengkung beserta ukuran dalam satuan millimeter.



Gambar 3. 11 Sudu lengkung

3.3.7 Pulley Besar

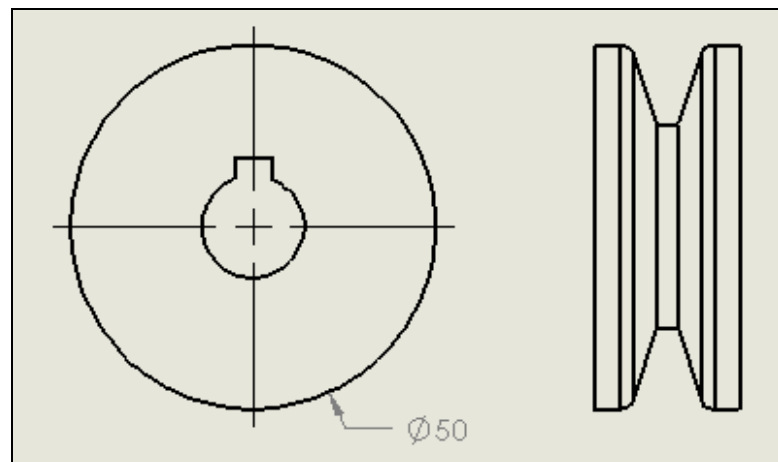
Pulley besar didesain menyerupai *pulley* pada umumnya. *Pulley* ini berfungsi sebagai media transmisi dari poros kincir. Penambahan *pulley* diperlukan untuk menambahkan nilai kecepatan putar kincir agar sesuai dengan spesifikasi alternator mobil. Pada desain ini diperlukan dua buah *pulley* besar untuk dua kali penguatan. Gambar 3.12 merupakan desain part kincir untuk *pulley* besar beserta ukuran dalam satuan millimeter.



Gambar 3. 12 *Pulley* besar diameter 800 mm

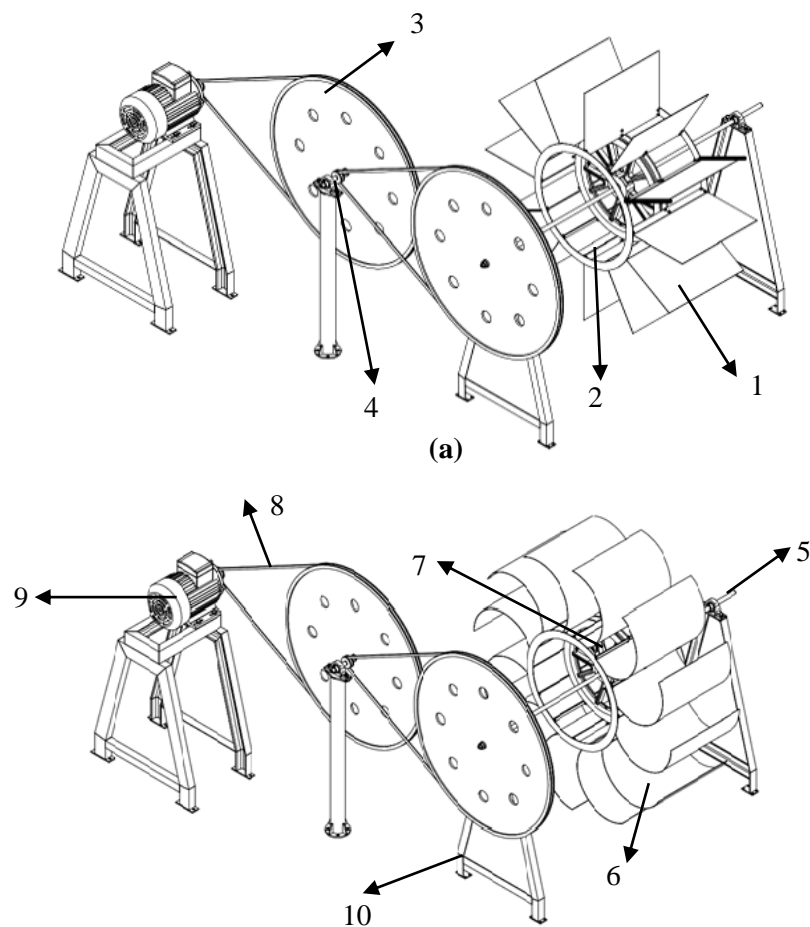
3.3.8 Pulley Kecil

Pulley kecil didesain menyerupai *pulley* pada umumnya. *Pulley* ini berfungsi sebagai media transmisi dari poros kincir. Penambahan *pulley* diperlukan untuk menambahkan nilai kecepatan putar kincir agar sesuai dengan spesifikasi alternator mobil. Pada desain ini juga diperlukan dua buah *pulley* kecil untuk dua kali penguatan Gambar 3.13 merupakan desain part kincir untuk *pulley* kincir beserta ukuran dalam satuan millimeter.



Gambar 3. 13 *Pulley* kecil diameter 50 mm

Kemudian, menggunakan menu *assembly* untuk menggabungkan seluruh *part* rangkaian. Rangkaian *assembly* pada desain kincir air ini disajikan dalam gambar 3.14 dimana untuk gambar (a) adalah sudu datar sedangkan gambar (b) adalah sudu lengkung.



Gambar 3. 14 Desain assembly kincir air undeshot untuk sudu datar (a), dan untuk sudu lengkung (b).

Keterangan nomor pada gambar 3.14 sebagai berikut:

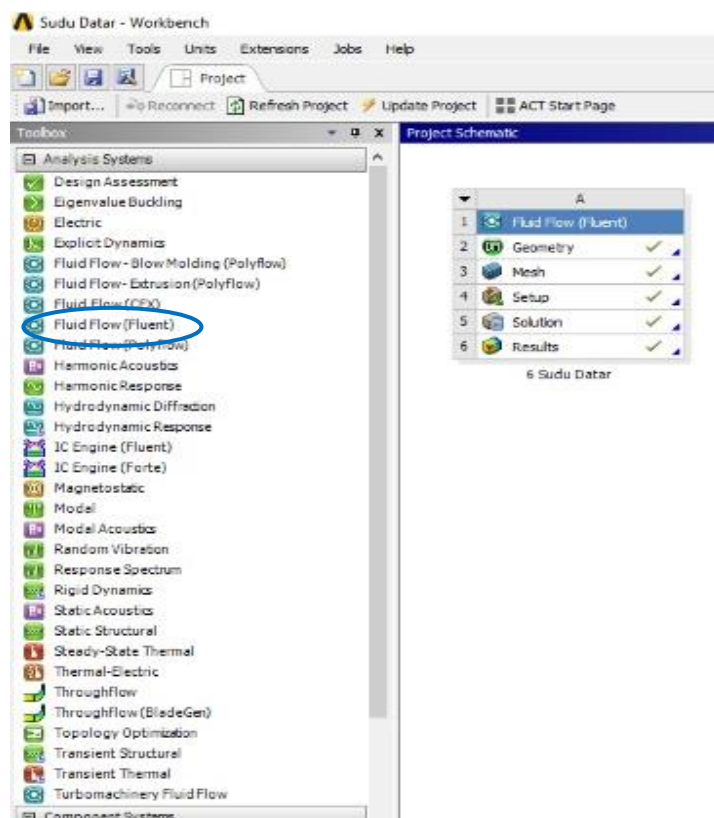
1. Sudu Datar
2. Penyangga Sudu
3. *Pulley* besar
4. *Pulley* kecil
5. Poros kincir
6. Sudu Lengkung
7. Roda Kincir
8. V-belt
9. Alternator
10. Penyangga Kincir

3.4 Simulasi Kincir Air Menggunakan ANSYS Fluent



Gambar 3. 15 Tampilan *software* Ansys tipe R19.02

Pada gambar 3.15 menampilkan awal pada saat membuka *software* ANSYS. ANSYS, Inc adalah perusahaan publik global yang berbasis di Canonsburg, Pennsylvania. Yang mana mengembangkan dan memasarkan perangkat lunak simulasi rekayasa *multiphysics* untuk desain, pengujian dan operasi produk. ANSYS sendiri memiliki dua modul *basic* yaitu ANSYS CFX dan ANSYS Fluent. Dan penelitian ini menggunakan laptop dengan spesifikasi RAM 4GB, *processor i3* 2,4 GHz. Untuk tampilan halaman ANSYS dapat dilihat pada gambar 3.16.

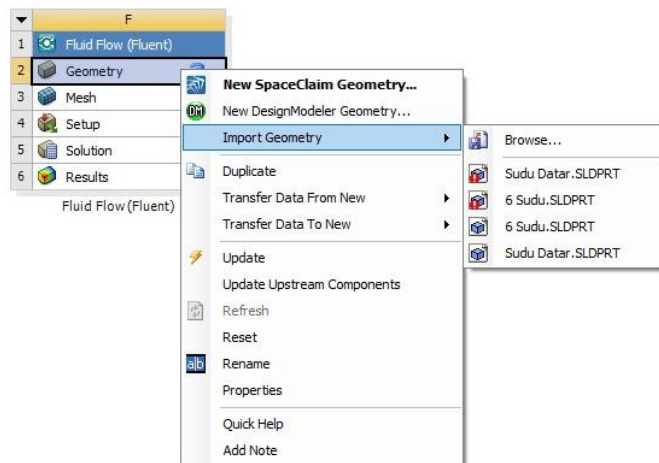


Gambar 3. 16 Tampilan utama halaman ANSYS Fluent

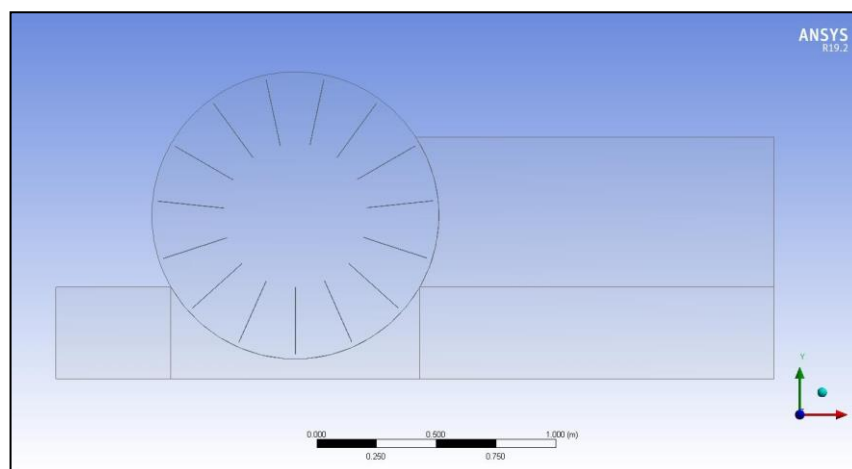
Simulasi menggunakan software ANSYS Fluent. Dan untuk penelitian ini memakai metode numerik dengan jenis CFD (*Computation Fluid Dynamic*) untuk perhitungan matematisnya. Metode ini digunakan untuk mengetahui karakteristik aliran udara yang melewati suatu benda. Dalam metode ini, terdapat tiga tahapan umum yaitu:

3.4.1 Pre-processing

Pada bagian ini terdiri dari proses geometri, dan *boundary condition*. Geometri yang digunakan mengikuti metode yang berasal dari paper yang dijadikan referensi, dengan ukuran atau dimensi yang disesuaikan dengan desain yang ada. Proses import file geometri kincir air untuk simulasi dapat dilihat pada gambar 3.17. Dan Gambar 3.18 merupakan gambar geometri yang sudah disimplifikasi dan dipakai pada simulasi kincir air *undershot* daridesain.



Gambar 3. 17 Proses *importing* file CAD geometri kincir air *undershot*



Gambar 3. 18 Geometri untuk simulasi (15 sudu datar)

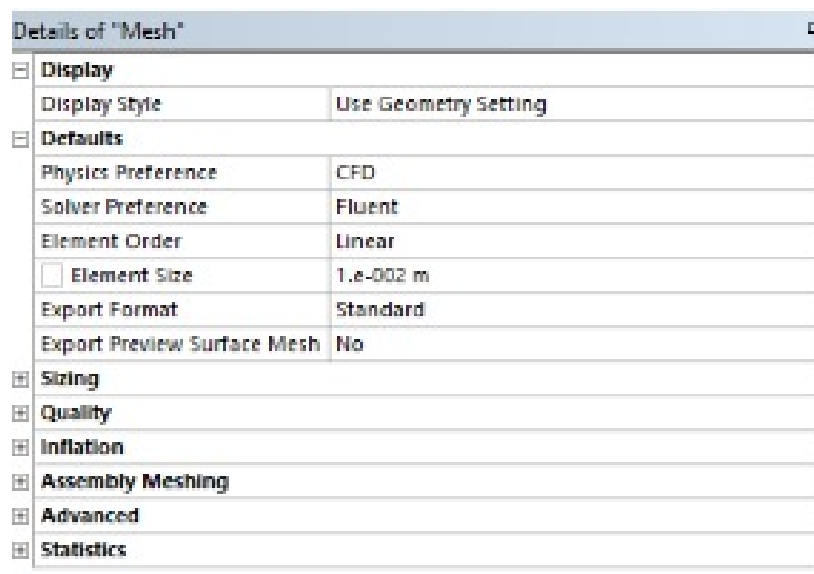
Boundary Condition atau kondisi batas merupakan nilai limitasi yang diperlukan untuk mendapat nilai solusi suatu masalah pada batas tersebut. Kondisi batas yang dipakai pada simulasi ini akan disajikan dalam tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2
Properti untuk kondisi batas pada mesh sayap

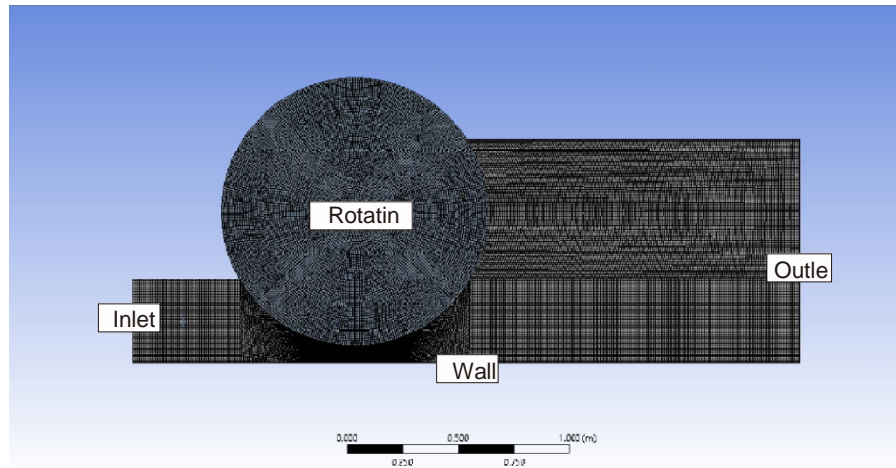
Nama Properti	Kondisi Batas	Lokasi Bidang
<i>Inlet</i>	<i>Velocity Inlet</i>	Aliran air yang masuk ke arah turbin
<i>Wall</i>	<i>Wall</i>	Dasar sungai dan bidang turbin
<i>Interface</i>	<i>Interface</i>	Sambungan antara <i>main</i> dan turbin domain
<i>Outlet</i>	<i>Pressure Outlet</i>	<i>Farfield</i> bagian belakang sayap

3.4.2 Processing

Pada tahapan ini terdapat proses *meshing*. Mesh digunakan untuk mendiskritisasi geometri yang dibuat menjadi *control volume* hingga yang kecil-kecil, dengan ukuran yang dapat diatur. Mesh yang digunakan pada simulasi ini dibagi menjadi dua domain, yaitu *main domain*, dimana air mengalir translasi, dan *turbine domain*, dimana air mengenai turbin dan dapat berotasi. Untuk mengatur elemen size dalam proses *meshing* dapat menggunakan pada sub-menu *details of meshing*, yang ditampilkan pada gambar 3.19. Dan gambar 3.20 menunjukkan proses *meshing* untuk desain penelitian ini.

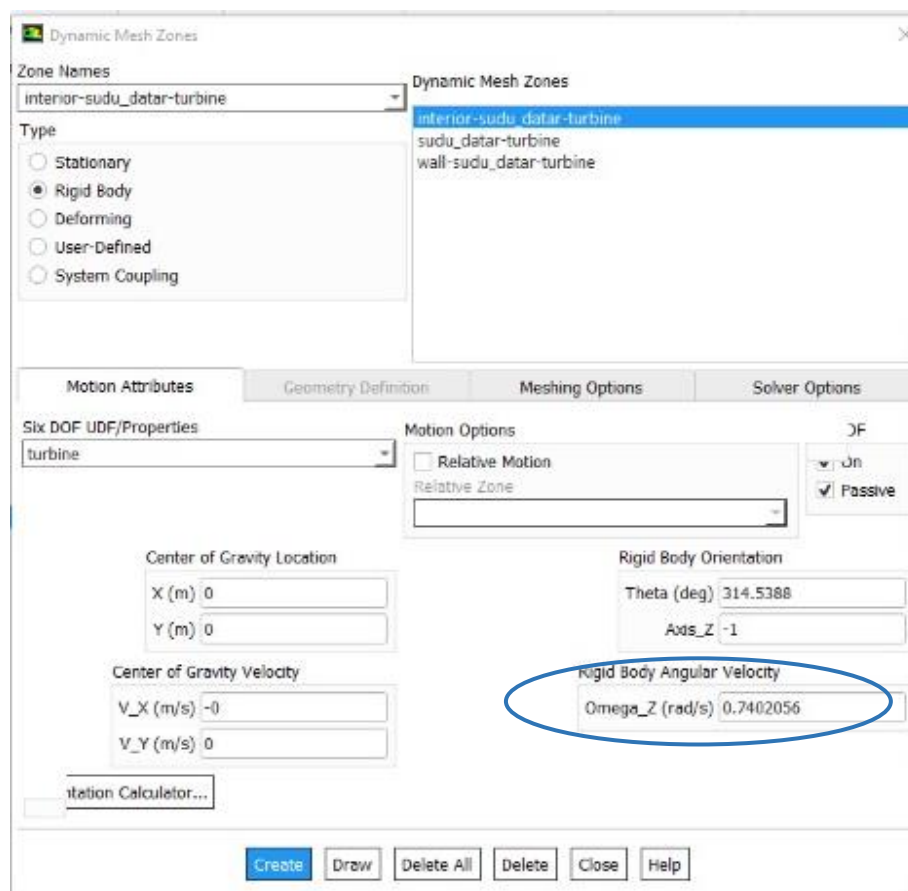


Gambar 3. 19 Tampilan sub-menu *details of meshing*



Gambar 3. 20 Proses *meshing* simulasi kincir melalui aplikasi ansys fluent

Setelah proses *meshing*, maka pada sub-menu *dynamic mesh* akan menampilkan nilai kecepatan sudut putar kincir air yang dihasilkan dalam proses simulasi ini. Gambar 3.21 menampilkan tampilan hasil kecepatan sudutnya, yang akan menjadi hasil dalam penelitian ini.



Gambar 3. 21 Tampilan hasil kecepatan sudut pada sub-menu *dynamic mesh*

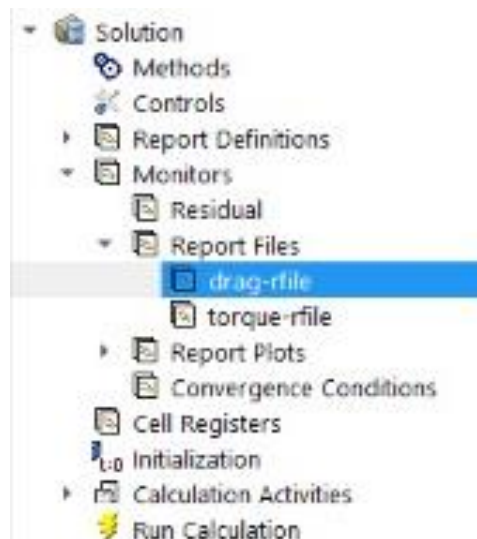
Tiara Rizkia Agust, 2020

SIMULASI KINCIR AIR UNDERSHOT DENGAN DATA KECEPATAN AIR CURUG SIGAY MENGGUNAKAN METODE COMPUTATION FLUID DYNAMIC (CFD) MELALUI SOFTWARE ANSYS FLUENT
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

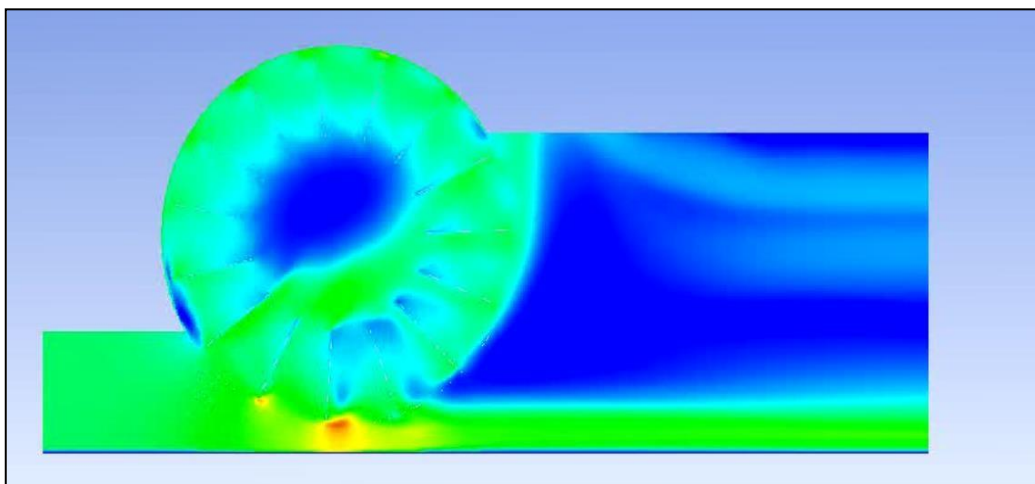
3.4.3 Post-processing

Pada tahapan ini berupa penampilan hasil simulasi (Febrizal dan Asral, 2018) dan visualisasi hasil simulasi. Data kelajuan air dari pengujian digunakan sebagai data input untuk simulasi penelitian ini dan diambil 5 variasi jumlah sudu (6,8,10,12,15) dan 2 variasi bentuk sudu (datar dan lengkung). Data yang diambil dari hasil simulasi berupa kecepatan putar kincir air, drag *per-timestep*, dan torsi *per-timestep*.

Untuk data drag *per-timestep* dan torsi *per-timestep* dapat diekspor pada sub-menu *solution* yang dapat dilihat pada gambar 3.22. Sedangkan gambar 3.23 merupakan visualisasi dari hasil simulasi penelitian kincir air ini.



Gambar 3. 23 Tampilan sub-menu *solution*



Gambar 3. 22 Visualisasi simulasi (15 sudu datar)

3.5 Analisis Data

Setelah selesai melakukan simulasi, tahapan yang dilakukan selanjutnya adalah proses pengalisan data. Data-data yang telah terkumpul dianalisis menggunakan teori-teori fisika. Proses analisis data akan dikelompokkan menjadi tiga bagian, diantaranya:

3.5.1 Analisis kelajuan air aliran bawah pada Curug Sigay

Proses analisis dilakukan melalui pengambilan data waktu tempuh pelampung yang mengalir dari titik A ke titik B (t_{AB}) dan titik A ke C (t_{CD}). Waktu tempuh dari titik B ke C (t_{BC}) ditentukan melalui persamaan (3.1)

$$t_{BC} = t_{AC} - t_{AB} \quad (3.1)$$

Setelah memperoleh nilai t_{AB} dan t_{BC} dalam satuan sekon (s), selanjutnya adalah menghitung nilai kelajuan rata-rata untuk setiap data eksperimen. Kelajuan rata-rata aliran air pada sungai bawah curug Sigay dihitung menggunakan persamaan (3.2), dengan memasukkan s sebagai jarak AB dan BC masing-masing sebesar 300 cm, yaitu:

$$v = \frac{s}{t} \quad (3.2)$$

dengan v adalah kelajuan air (dalam satuan cm/s) dan t adalah waktu tempuh (dalam satuan s).

Nilai rata-rata dari kelajuan rata-rata aliran air \bar{v} untuk daerah titik A ke B dan titik A ke C diperoleh dengan melalui metode statistika menggunakan persamaan (3.3), yaitu:

$$\bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n} \quad (3.3)$$

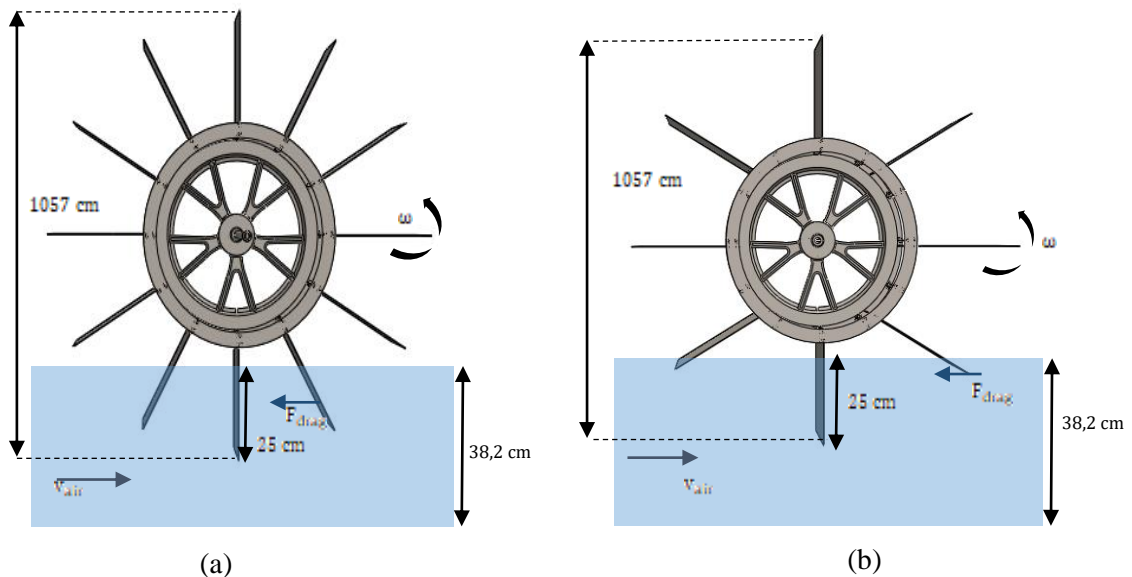
dengan v_i adalah nilai kelajuan rata-rata aliran air untuk data ke- i dan n adalah jumlah data. Nilai ketidakpastiannya diperoleh melalui standar deviasi data tunggal. Nilai standar deviasi S tersebut dihitung melalui persamaan 3.4. yaitu

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}{n-1}} \quad (3.4)$$

Untuk menentukan ada atau tidaknya perbedaan dari setiap hasil pengukuran, disajikan sebuah tabel perhitungan kelajuan dan grafik yang

menggambarkan kondisi aliran untuk setiap percobaan. Jika ada perbedaan di setiap pengukuran, dilakukan analisis ketidakpastian berdasarkan kondisi aliran. Pada penelitian ini. Sebagai acuan dari nilai parameter kelajuan air, digunakan data kelajuan rata-rata yang paling konstan dan memiliki nilai standar deviasi kecil..

3.5.2 Analisis pengaruh jumlah sudu terhadap kecepatan sudut kincir air



Gambar 3. 24 Analisis besaran fisika pada kincir air undershot untuk 12 sudu datar (a), dan untuk 8 sudu datar (b)

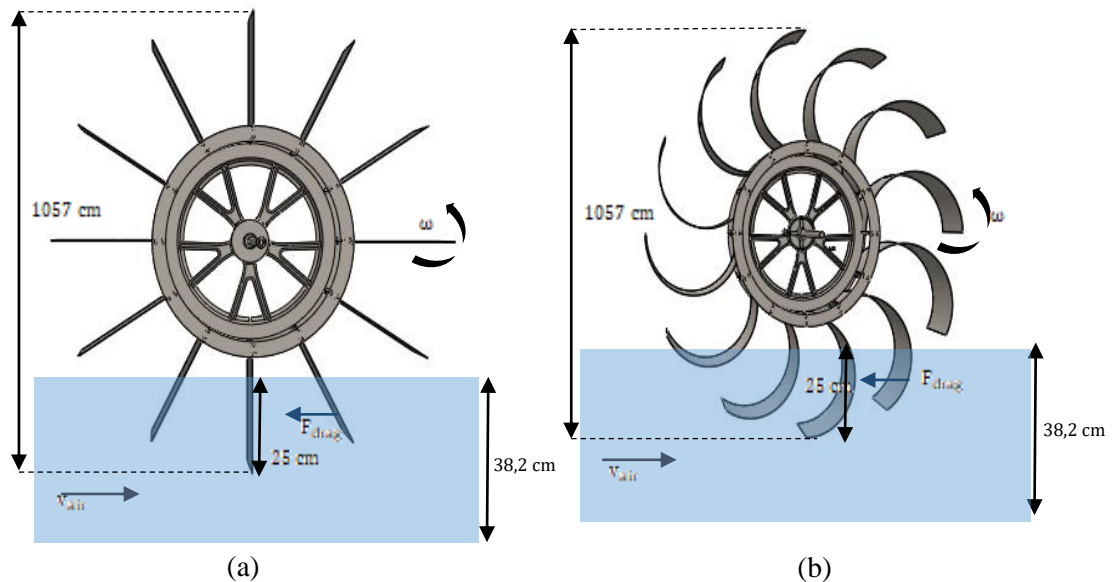
Berdasarkan gambar 3.24 dapat teramati bahwa kecepatan sudut kincir air *undershot* dengan variasi jumlah sudu dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah kelajuan air, besar gaya drag, dan besar torsi yang dihasilkan oleh suatu kincir.

Sehingga proses analisis dilakukan melalui pengambilan data nilai kecepatan putar kincir pada masing-masing variasi jumlah sudu yang disajikan dalam bentuk tabel data dan grafik kecepatan putar terhadap jumlah sudu. selain itu sebagai pendukung terdapat juga data nilai drag dan torsi terhadap time step, yang kedua data tersebut sajikan dalam bentuk grafik agar mempermudah proses penganalisis-an. Dengan membandingkan nilai kecepatan putar, diperoleh berpengaruh atau tidaknya variasi jumlah sudu.

Kemudian, agar penelitian ini dapat dimanfaatkan pada pembangunan PLTA berskala *picohydro*. Maka digambarkan sebuah solusi berupa rangkaian

pulley agar kecepatan putar kincir yang diperoleh dapat sesuai dengan alternator mobil referensi.

3.5.3 Analisis pengaruh bentuk sudu terhadap kecepatan sudut kincir air



Gambar 3. 25 Analisis besaran fisika pada kincir air undershot (a) sudu datar; (b) sudu lengkung

Berdasarkan gambar 3.25 dapat teramati bahwa kecepatan sudut kincir air *undershot* antara sudu datar dan sudu lengkung dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah kelajuan air, besar gaya drag, dan besar torsi yang dihasilkan oleh suatu kincir.

Sehingga proses analisis dilakukan melalui pengambilan data nilai kecepatan putar kincir pada masing-masing variasi bentuk sudu yang disajikan dalam bentuk tabel data dan gabungan grafik kecepatan putar terhadap jumlah sudu untuk sudu datar dan sudu lengkung. selain itu sebagai pendukung terdapat juga data nilai drag dan torsi terhadap time step. Dengan membandingkan nilai kecepatan putar, diperoleh berpengaruh atau tidaknya variasi bentuk sudu, dan juga dapat menentukan nilai kecepatan putar optimum yang dihasilkan dari simulasi kincir air *undershot*.

Sama halnya dengan pengaruh jumlah sudu, agar penelitian ini dapat dimanfaatkan pada pembangunan PLTA berskala *picohydro*. Maka digambarkan

sebuah solusi berupa rangkaian *pulley* agar kecepatan putar kincir yang diperoleh dapat sesuai dengan alternator mobil referensi.

3.5 Simpulan dan Saran

Pada tahapan ini, hal yang dilakukan adalah penyimpulan hasil akhir penelitian. Yang mana akan disampaikan keberhasilan atau ketidaksesuaiannya penelitian, kelebihan dan kekurangan penelitian, serta pendapat (masukan) untuk penelitian selanjutnya agar lebih baik.