

# Perencanaan Kincir Air Area Pertanian Didesa Lembang Mesakada Kabupaten Pinrang

Andika C. Patabang<sup>1</sup>, Atus Buku<sup>2</sup>, Kristiana Pasau<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia Paulus  
Jl. Perintis Kemerdekaan Km 13 Daya Makassar, 90243  
Email: [andikapatabang@gmail.com](mailto:andikapatabang@gmail.com)

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara perencanaan pembuatan kincir air area pertanian didesa lembang mesakada kabupaten pinrang dan menentukan jenis kincir yang cocok dengan kondisi sumber air. Penelitian perencanaan kincir air ini menggunakan bola pancing dan meter. Manfaat penelitian ini sebagai bahan referensi untuk penelitian lebih lanjut mengenai pengembangan perencanaan kincir air. Metode yang digunakan metode survei yaitu observasi atau melihat langsung lokasi penelitian, metode pengukuran untuk pengumpulan data, dan metode internal yaitu mengumpulkan informasi melalui buku-buku atau referensi yang didapatkan.

Hasil dari perhitungan perencanaan kincir air adalah sebagai berikut:

Luas penampang =  $3,18 \text{ m}^2$ , kecepatan aliran =  $1,2345 \text{ m/s}$ , debit =  $3,92 \text{ m}^3/\text{s}$ , daya air ( $P_{\text{air}}$ ) = 20381 watt, volume air =  $12700 \text{ m}^3$ , massa air = 12.700 kg, energi kinetik = 9676,76 joule, luas penampang basah =  $0,075 \text{ m}^2$ , keliling basah = 0,8 m, jari-jari hidrolik = 0,093 m, jari-jari kincir = 1,57 m, lebar sudu = 0,53 m, jarak sudu = 0,044 m, kecepatan keliling kincir =  $0,4938 \text{ m/s}$ , putaran kincir = 3 rpm, gaya fluida = 4846 N, torsi = 7608 Nm, daya kincir ( $P_{\text{kincir}}$ ) = 14333 watt, efisiensi kincir = 70 %.

**Kata Kunci :** Perencanaan Kincir air undershot, Energi Kincir, Efisiensi.

## Abstract

*This study aims to find out how to plan the construction of a waterwheel in the agricultural area in Lembang Mesakada Village, Pinrang Regency and determine the type of mill that is suitable for the conditions of the water source. This waterwheel research uses pancing balls and meters. The benefits of this research as reference material for further research on the development of waterwheel planning. The method used by the survey method is observation or direct viewing of the research location, measurement methods for data collection, and internal methods are collecting information through books or references obtained.*

*The results of the waterwheel planning calculations are as follows:*

*Cross-sectional area =  $3.18 \text{ m}^2$ , flow velocity =  $1.2345 \text{ m/s}$ , discharge =  $3.92 \text{ m}^3/\text{s}$ , water power ( $P_{\text{air}}$ ) = 20381 watts, water volume =  $12700 \text{ m}^3$ , water mass = 12,700 kg, kinetic energy = 9676.76 joules, wet cross-sectional area =  $0.075 \text{ m}^2$ , wet circumference = 0.8 m, hydraulic radius = 0.093 m, mill radius = 1.57 m, blade width = 0.53 m, blade distance = 0.044 m, mill circumference speed =  $0.4938 \text{ m/s}$ , mill rotation = 3 rpm, fluid force = 4846 N, torque = 7608 Nm, mill power = 14333 watts, mill efficiency = 70%.*

**Keywords:** Undershot Waterwheel Planning, Energy, Efficiency

## 1. Pendahuluan

Semua makhluk hidup, termasuk manusia, hewan, dan tumbuhan, membutuhkan air. Masyarakat sering mengalami masalah karena membutuhkan banyak air, terutama jika mereka tinggal jauh dari sumber air atau berada di atasnya. Padahal air tidak bisa dipisahkan dari kawasan hortikultura, khususnya tanaman padi sebagai sumber makanan utama bagi masyarakat Indonesia. Luasnya lahan tadah hujan yang sangat besar membuat pemanfaatan lahan kurang berhasil dan produktif, karena ketiadaan air. Kawasan Pertanian Desa Lembang Mesakada di Kabupaten Pinrang, Provinsi Sulawesi Selatan, adalah salah satunya. Lahan beririgasi dapat bercocok tanam tiga kali dalam setahun, sedangkan lahan tadah hujan hanya dapat bercocok tanam satu kali dalam setahun, bahkan seringkali gagal panen karena prakiraan curah hujan yang tidak akurat. Pompa biasanya

digunakan untuk mengangkat air dari sumber air ke lokasi yang diinginkan. Penggunaan pompa air ini masih sulit karena beberapa masalah, antara lain mahal biaya pengoperasian pompa dan tidak adanya sumber tenaga listrik atau bahan bakar. Akibatnya, industri pertanian memiliki banyak potensi. Namun, karena Indonesia memiliki dua musim-musim kemarau dan musim hujan potensi petani agak terbatas. Hanya sedikit petani Indonesia yang mampu melakukan kegiatan pertanian pada musim kemarau. Adanya pompa air akan memungkinkan kegiatan pertanian tetap berjalan, namun tidak semua petani mampu melakukannya karena hanya sedikit petani yang mampu membeli pompa air dan bensin untuk mengoperasikannya, sehingga perlu penambahan dana. Pembuatan kincir air dengan menggunakan tenaga air dari sungai Desa Mesakada sebagai pemutar atau tenaga untuk memutar kincir dan menarik atau mendorong air

merupakan salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut. Oleh karena itu, baik listrik maupun bensin atau solar tidak diperlukan. Ketika para peneliti berangkat untuk melakukan penelitian ini, mereka mengidentifikasi dua masalah, salah satunya adalah bahwa Indonesia memiliki dua musim-musim kemarau dan musim hujan yang mencegahnya melakukan kegiatan pertanian selama musim kemarau. Banyak petani tidak mampu membeli pompa air yang ada karena mahal dan membutuhkan listrik atau bensin atau solar. Peneliti dapat membantu petani dalam mengatasi masalah kekurangan pasokan air untuk pengolahan sawah melalui penelitian mereka. sehingga petani dapat memperoleh bantuan, pada akhirnya melakukan kegiatan pertanian, dan secara tidak langsung mengurangi beban keuangan yang harus ditanggung petani saat mengolah hasil pertanian. Pada garis lintang 3°19'13" s/d 4°10'30" LS dan 119°26'30" s/d 119°47'20" BT, kota Pinrang yang menjadi ibu kota kabupaten ini berada terletak 185 kilometer di sebelah utara ibu kota provinsi Sulawesi Selatan. Kabupaten Pinrang terdiri dari 65 desa, 12 kecamatan, dan 39 kecamatan secara administratif. Batasan rejim ini ke arah utara dengan Aturan Tana Toraja, ke arah timur dengan Aturan Sidenreng Rappang dan Enrekang, ke arah barat dengan Aturan Polmas, Wilayah Sulawesi Barat dan Perairan Makassar, ke arah selatan dengan Kota Parepare. Wilayah absolut Rezim mencapai 1.961,77 km<sup>2</sup>.

Karena Kabupaten Pinrang memiliki garis pantai sepanjang 93 kilometer, kawasan budidaya dapat ditemukan sampai ke perbukitan dan pegunungan di dataran rendah yang didominasi oleh persawahan. Kondisi ini memungkinkan pengembangan berbagai hasil pertanian, antara lain tanaman pangan, perikanan, perkebunan, dan peternakan, serta mendukung Kabupaten Pinrang sebagai daerah pertanian yang potensial. Kawasan tersebut memiliki ketinggian 0-500 mdpl (60,41 persen), 500-1.000 mdpl (19,69 persen), dan 1.000 mdpl (9,90 persen). Salah satu industri yang sangat berperan dalam kehidupan manusia adalah pertanian. Khususnya di Desa Mesakada, Kecamatan Lembang, Kabupaten Pinrang, dimana pertanian merupakan sumber pendapatan utama warganya, pertanian memberikan dampak yang signifikan terhadap kesejahteraan ekonomi masyarakat. Sistem pertanian di daerah Mesakada hanya mengalami dua musim tanam. Luas lahan di Desa Mesakada terdiri dari dua jenis pengairan yaitu lahan irigasi dan lahan tadah hujan, sehingga padi dan kopi merupakan tanaman yang dominan. Topografi Desa Mesakada terdiri dari

pegunungan yang landai hingga bergelombang. Topografi pegunungan dan ketinggian 100-2000 MDPL (Meter di atas permukaan laut) wilayah Desa Mesakada sangat menjanjikan untuk budidaya padi. Namun serangan hama penggerek buah padi yang sering menyerang merupakan kendala utama yang dihadapi banyak orang dalam meningkatkan hasil budidaya padi. Selain itu, menyebabkan banyak beras yang dikumpulkan rusak dengan hasil pembusukan, sehingga dapat menurunkan sifat hasil dan rendahnya harga beras.[1-3]

## 2. Landasan Teori

Energi air merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang potensial di negara kita. Selain murah, relatif mudah didapat, dan bebas polutan, juga mudah didapat. Orang-orang di daerah pedesaan bergantung pada sungai untuk air bersih setiap hari. Di desa ini, yang mayoritas penduduknya belum memiliki akses listrik, kincir air merupakan pembangkit listrik tenaga air yang ideal untuk dibangun. Strukturnya sederhana, murah, dan mudah dirawat. Torsi yang dihasilkan dapat langsung diterapkan pada penggilingan, irigasi, dan penggergajian, selain berfungsi sebagai pembangkit listrik kecil. Namun untuk menghasilkan tenaga yang besar dengan tingkat efisiensi yang tinggi, diperlukan kincir air dengan tinggi sudu yang tepat karena lebar sungai yang relatif sempit. Akibatnya, penting untuk berkonsentrasi pada dampak perubahan tingkat tepi pada kekuatan dan kemahiran kincir air. Hanya arus sungai atau energi kinetik air sungai yang membentur sudu kincir yang menyebabkannya berputar yang digunakan dalam penelitian ini. [4-5]

### Potensi Energi Air

Air adalah sumber energi yang sederhana dan cukup sederhana, karena air mengandung energi potensial (air yang jatuh) dan energi motor (air yang mengalir). Tenaga air adalah energi yang diperoleh dari aliran air. Energi yang digerakkan oleh air dapat dipakai dan dimanfaatkan sebagai energi mekanik atau energi listrik. Pemanfaatan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan air terjun atau aliran air sungai merupakan cara yang paling umum dalam pemanfaatan energi air. Pabrik biji-bijian, pabrik penggergajian, dan mesin tekstil semuanya ditenagai oleh kincir air yang dimulai pada awal abad ke-18. Berapa banyak tenaga air yang dapat diakses dari sumber air bergantung pada ukuran head dan pelepasan air. *Head* adalah selisih ketinggian antara muka air di reservoir dan ketinggian air yang meninggalkan kincir air atau turbin air dalam kaitannya dengan *reservoir*. [6-7]

### Bangunan Air

Bangunan yang akan didesain sesuai dengan jenis kincir air adalah bangunan air yang dimaksud. Untuk menentukan secara hidrologi di lapangan potensi sumber daya air yang akan digunakan untuk daerah irigasi, perlu dilakukan pengukuran langsung di

lapangan, yaitu berupa debit air dengan metode hidrometri. Pelepasan aliran diperkirakan menggunakan meteran yang sedang berlangsung. Persamaan tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan debit aliran sebagai berikut: [8]

$$Q = A \times V \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

Q : debit ( $m^3$  /detik)

A : luas penampang basah ( $m^2$ )

V : kecepatan air rata rata (m/detik)

$$P_a = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

P<sub>a</sub> = daya air (watt)

$\rho$  = massa jenis air ( $kg/m^3$ )

g = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

Q = debit aliran air ( $m^3/s$ )

h = kedalaman air (m)

$$A = L \times H \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

A = luas penampang basah ( $m^2$ )

L = lebar saluran (m)

H = ketinggian saluran (m)

$$M = p \times v \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

m = massa air (kg)

$\rho$  = massa jenis air ( $kg/m^3$ )

v = volume air ( $m^3$ )

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \times v^2 \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

E<sub>k</sub> = energi kinetik (Joule)

m = massa air (kg)

v = kecepatan aliran (m/s)

$$R_{hidrolik} = \frac{A}{K} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

R<sub>h</sub> = jari – jari hidrolik (m)

A = luas penampang basah ( $m^2$ )

K = keliling basah (m)

$$r_{kincir} = \frac{D_{luar}}{2} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

r<sub>k</sub> = jari – jari kincir (m)

D<sub>l</sub> = diameter luar kincir (m)

$$\alpha = 0.17 \times D_{luar} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

a = lebar sudu (m)

D<sub>l</sub> = diameter luar (m)

$$t = \frac{D \times \pi}{z} \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan:

t = jarak sudu (m)

D = diameter kincir (m)

z = jumlah sudu

$$U = \frac{v \cdot \cos(\alpha)}{2} \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan:

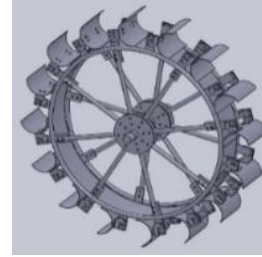
U = kecepatan keliling kincir (m/s)

v = kecepatan aliran (m/s)

Pengukur arus mengukur kecepatan pada satu titik di penampang, tetapi kecepatan rata-rata penampang diperlukan. [9]

## Kincir Air Undershot

Aturan fungsi kincir air undershot adalah kincir air berputar pada porosnya karena kekuatan energi dari massa air yang memadai menimbulkan keributan di sekitar kota dengan roda. Selain itu, distribusi air dari selokan ke daerah aliran ditentukan oleh gravitasi.



**Gambar 1.** Kincir air Undershot [9]

Keuntungan :

1. Konstruksi lebih sederhana
2. Lebih ekonomis
3. Mudah di pindahkan.

Kerugian :

1. Efisiensi kecil
2. Daya yang di hasilkan relatif kecil

## Pemanfaatan Kincir Air

Pemanfaatan kincir air dapat dimanfaatkan untuk beberapa tujuan, yaitu sebagai mekanisme pengangkatan air untuk keperluan tata air, sebagai pendorong utama pengolahan barang-barang pedesaan, dan untuk pembangkit listrik tenaga air. Kincir air, di sisi lain, kini menjadi daya tarik wisata yang populer. Banyak daerah provinsi telah membuat kincir air bukan untuk sistem air atau pengolahan, melainkan sebagai tujuan liburan. [10]

## 3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 9 Juli Tahun 2022 di Area Pertanian Di Desa Lembang Mesakada Kabupaten Pinrang.

## Metode Pengumpulan Data

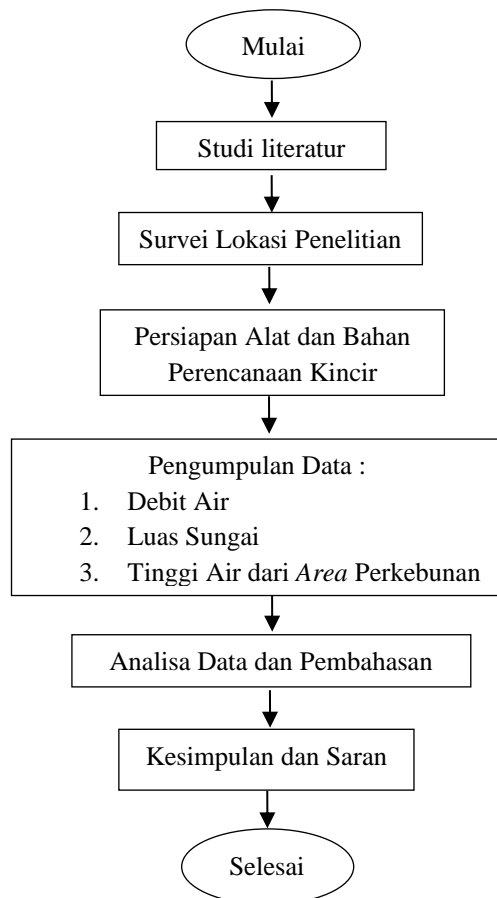
Data yang diperoleh dalam penelitian ini diperoleh dengan cara sebagai berikut:

Metode survei yaitu observasi atau melihat langsung di lokasi penelitian.

Metode pengukuran untuk mengumpulkan data

Metode internal yaitu mengumpulkan informasi melalui buku-buku atau referensi yang didapatkan.

## Diagram Alir Penelitian



**Gambar 2.** Diagram Alir Penelitian

## 4. Hasil dan Pembahasan

### Analisa Data

Setelah melakukan percobaan dan pengambilan data, maka didapatkan data yang selanjutnya akan diolah. Data hasil penelitian pada perencanaan kincir air *undershot* didapatkan dari pengukuran lebar sungai, kedalaman air, tinggi air, kecepatan aliran, sebagai berikut :

Data Awal:

Lebar aliran	= 6 m
Kedalaman Air	= 0,53 m
Tinggi Aliran	= 3 m
Kecepatan Aliran	= 3,24 m/s
Jarak Yang Ditempuh	= 4 m
Percepatan Gravitasi	= 9,81 m/s <sup>2</sup>
Massa Jenis Air	= 1000 kg/m <sup>3</sup>
$\pi$	= 3,14
Diameter luar	= 3,15 m
Diameter dalam	= 2,1 m

### Perhitungan Data

Debit

$$\begin{aligned}
 Q &= A \cdot v \\
 &= 3,18 \text{ m}^2 \times 1,2345 \text{ m/s} \\
 &= 3,92 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Potensi atau Daya Air

$$\begin{aligned}
 P_{\text{air}} &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \\
 &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 3,92 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,53 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$= 20381 \text{ watt}$$

Volume Air

$$\begin{aligned}
 V &= Q \cdot t \\
 &= 3,92 \text{ m}^3/\text{s} \times 3,24 \text{ s} \\
 &= 12700 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Massa Air

$$\begin{aligned}
 m &= \rho \cdot v \\
 &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 12700 \text{ m}^3 \\
 &= 12.700 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Energi Kinetik

$$\begin{aligned}
 E_k &= \frac{1}{2} m \cdot v^2 \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 12700 \text{ kg} \cdot (1,12345 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 12700 \text{ kg} \cdot 1,5239 \text{ m}^2/\text{s}^2 \\
 &= 9676,76 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

### Pembahasan

Ketinggian lokasi, jarak antara bagian atas kincir dan ujung saluran air, serta jarak antara bagian bawah kincir dan saluran semuanya menjadi pertimbangan saat merancang kincir air. Selain itu, volume air yang dapat ditampung oleh sudu diperhitungkan saat merancang diameter dalam roda.

Tahapan pengujiannya adalah sebagai berikut: Menghitung kecepatan aliran sungai menggunakan bola pingpong, menaksir lebar aliran air menggunakan meteran, menaksir kedalaman aliran air menggunakan meteran. Sebuah desain kincir air *undershot* dengan daya kincir 14333 watt dan efisiensi yang dihasilkan sebesar 70% dihasilkan berdasarkan proses perencanaan awal kincir air sebagai desain awal, dimana debit aliran dan kecepatan aliran diketahui sebesar 3,92 m<sup>3</sup>/dtk dan 3,24 m<sup>3</sup>/dtk. Lebar aliran 6 m, kedalaman air 0,53 m, dan jumlah sudu 20. Data yang diperoleh menunjukkan kecepatan aliran 3,24 m<sup>3</sup>/s. dan putaran roda 3 rpm.

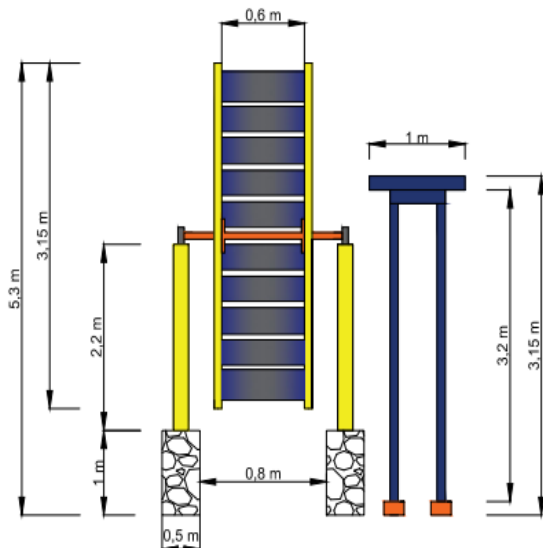
Cara kerja kincir air *undershot* adalah kincir air dapat berputar saat aliran air menimbulkan keributan di sekitar kota kincir, kemudian kincir mengambil air dari saluran air dan membuangnya ke saluran pembuangan. Selain itu, air dipindahkan ke arah aliran yang diinginkan oleh gravitasi dari selokan. Posisi kincir air pada kincir air *undershot* agak ke atas dan sedikit menyentuh air. Kincir air dapat dipasang di air dangkal pada permukaan datar di mana air mengalir berlawanan arah dengan bilah yang memutar kincir, sehingga ideal untuk aplikasi ini. Roda *undershot* adalah kincir air dengan roda vertikal. Aliran air mendorong bilah di bagian bawah roda, yang memutar roda.

*Undershot* berasal dari menimbulkan keributan di sekitar kota roda. Satu-satunya hal yang membuat kincir berputar adalah ketika pancaran air bertabrakan dengan bilah yang bergerak. Sebelum air menyentuh bilah yang bergerak, *head* potensial air terlebih dahulu diubah menjadi *head* kecepatan. Karena diperlukan aliran datar, tipe ini dapat dipasang di perairan dangkal di area datar. Di sini aliran air mengarah ke poros ujung tombak. Jenis

kincir air ini dianggap paling tua dan juga dianggap sebagai kincir air sederhana karena bahan yang digunakan sangat sederhana. Keuntungan dari kincir air undershot adalah: Jenis ini dapat digunakan dengan sumber air dan aliran yang datar, sehingga lebih sederhana dan lebih efektif daripada jenis kincir air dada. Hambatan dari kincir air undershot adalah: karena aliran air berasal dari tempat yang lebih tinggi, biasanya merupakan suplai air atau bendungan air, sehingga membutuhkan spekulasi yang lebih besar dan tidak dapat diterapkan pada motor dengan kecepatan lebih tinggi.

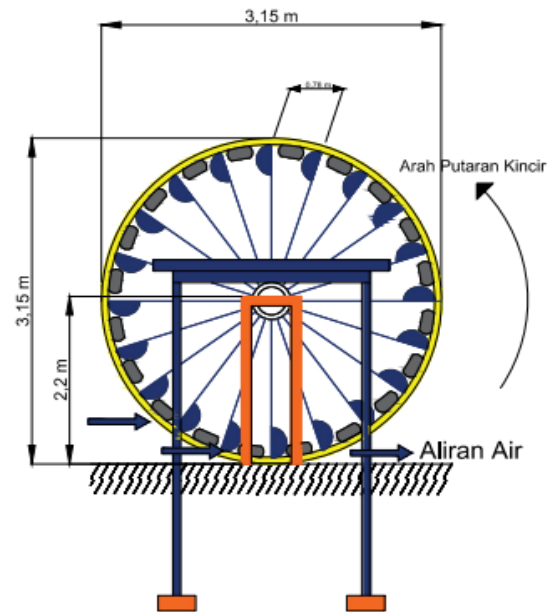
Hasil perhitungan ini membawa kita pada kesimpulan bahwa jumlah sudu, diameter kincir, lebar kincir air, dan faktor lainnya berpengaruh terhadap kinerja kincir air undershot. Jumlah mata potong sangat mempengaruhi tampilan kincir air undershot. Semakin banyak jumlah cutting edge yang digunakan maka semakin besar daya yang diciptakan oleh air tawar pelepasan air ke tenaga air menunjukkan bahwa semakin besar debit air maka semakin besar pula daya airnya. Hal ini karena daya air dipengaruhi oleh naiknya kecepatan aliran dan perubahan ketinggian air di saluran. Kekuatan kincir air sebanding dengan laju aliran, yang juga dipengaruhi oleh kecepatan saluran dan luas penampang. Peningkatan kecepatan aliran pada setiap perubahan waktu merupakan faktor yang mengakibatkan terjadinya pengikatan debit air. Sedangkan pemuain gaya roda disebabkan oleh pemuain gaya pada ujung tombak. Namun, jika terlalu banyak bilah, air tidak akan mengalir dengan bebas di sekitarnya, yang akan mengurangi daya yang dihasilkan.

**Gambar Perencanaan Kincir Air**



**Gambar 3. Tampak depan kincir**

**Gambar 4. Tampak depan kincir**



### Ucapan Terimakasih

Untuk itu dengan segala kerendahan hati pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Atus Buku, S.T., M.T., sebagai pembimbing I, yang telah memberikan arahan dan bimbingan dengan sangat baik. Sekaligus sebagai dosen yang telah memberikan judul skripsi kepada penulis.
2. Kristiana Pasau, S.T., M.T., sebagai pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan dengan sangat baik sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan sangat baik.
3. Prof. Dr. Agus Salim, SH., M.H. selaku Rektor Universitas Kristen Indonesia Paulus.
4. Prof. Dr. Ir. Musa Bondaris Palungan, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus.
5. Benyamin Tangaran, S.T., M.T., sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin UKI Paulus.
6. Karel Tikupadang, S.T., M.T., sebagai Sekertaris Program Studi Teknik Mesin UKI Paulus
7. Seluruh Dosen beserta staf Program Studi Teknik Mesin Universits Kristen Indonesia Paulus, yang telah banyak memberikan bantuan, bimbingan, pengetahuan dan keterampilan yang sangat bermanfaat bagi penulis selama mengikuti pendidikan.
8. Seluruh rekan mahasiswa Teknik Mesin dan rekan seperjuangan Angkatan 2018 Rocker Arm untuk bantuan dan semua kebersamaan selama ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah berkenan memberikan bantuan kepada peneliti.

Akhir kata sekali lagi penulis ucapkan banyak terima kasih dan semoga Tuhan Yang Maha Esa

melimpahkan karunianya dalam setiap amal kebaikan kita dan diberikan balasan, Amin.

#### **Daftar Pustaka.**

- [1] Ismanto, D., Trinofrandesta, E., & Hamid, H. (2015). Rancang Bangun Kincir Air sebagai Tenaga Penggerak Pompa. Program Kreativitas Mahasiswa-Teknologi
- [2] Massugianto, M., Akhmad, F. I., La Ode, M., & Suryanto, S. (2015). Rancang Bangun dan Analisa Kinerja Roda Turbin Undershot dengan Memanfaatkan Air Buangan Turbin PLTMH. *Jurnal Teknik Mesin SINERGI*, 13
- [3] Nadeak, A. B. (2017). Unjuk Kerja Kincir Air Breastshot Dengan Sudu 150 Derajat. Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.
- [4] Y. Iskandar, A. Saepudin, dan Memanfaatkan Pompa Sistem Hidrolik dan Kincir Air untuk Mengairi Sawah Dengan Pompa Air Bebas Energi Melek Sintaks; Buku Harian Logis Indonesia, 5(11), 1484-1492.
- [5] Rakasiwi, A., & Hendri, A. (2016). Pengaruh Sudu-Sudu Pada Model Kincir Air *Undershot* Untuk Irigasi Pertanian (*Doctoral dissertation*, Riau University).
- [6] M Zahri, K. (2010). Pengaruh Tinggi Sudu Kincir Air Terhadap Daya Dan Efisiensi Yang Dihasilkan. Skripsi diterbitkan. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- [7] Rika Salim, R. S. (2013). Rancang Bangun Pompa Air Dengan Tenaga Penggerak Kincir Air (*Doctoral dissertation*, Politeknik Negeri Jember).
- [8] Sukasah, H. O., Daud, A., & Hakki, H. (2013). Analisis Perubahan Dimensi Kincir Air Terhadap Kecepatan Aliran Air (Studi Kasus Desa Pandan Enim). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*
- [9] Wahyudi, S., Cahyadi, D. N., & Purnami, P. (2012). Pengaruh Variasi Tebal Sudu Terhadap Kinerja Kincir Air Tipe Sudu Datar. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 3(2), 337-342.
- [10] Rakasiwi, A., & Hendri, A. (2016). Pengaruh Sudu-Sudu Pada Model Kincir Air *Undershot* Untuk Irigasi Pertanian (*Doctoral dissertation*, Riau University).