

MK: MESIN KONVERSI ENERGI KELAS-A



ENERGI AIR

Disusun Oleh:

Kelompok 5

DENI SAPUTRA (F1C019035)

DANIL MAHENDRA ZAKARIA (F1C019031)

ASHRIN MASYHUDI MS (F1C019027)

KRISTIAN VALENTINO (F1C016048)

UNIVERSITAS MATARAM

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK MESIN

2022

Energi air merupakan satu dari lima sumber terbesar energi terbarukan. Energi ini dapat dimanfaatkan dan diubah menjadi listrik dan pembangkit listrik Tenaga air tanpa meninggalkan emisi gas rumah kaca seperti yang dihasilkan oleh pembangkit listrik yang menggunakan energi fosil. Berbeda dengan sumber energi terbarukan lainnya air akan terus menghasilkan tenaga non-stop dan ketersediaannya terus dihasilkan oleh adanya siklus hidrologi. Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dihasilkan dari energi potensial air yang diubah menjadi energi mekanik oleh turbin dan energi tersebut yang selanjutnya diubah untuk menjadi energi listrik oleh generator dengan memanfaatkan ketinggian dan kecepatan air (Koaksi Indonesia, 2019).

Air termasuk sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat, karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Tenaga air (Hydropower) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head dan debit air. Pemanfaatan energi air pada dasarnya adalah pemanfaatan energi potensial gravitasi. Energi mekanik aliran air yang merupakan transformasi dari energi potensial gravitasi dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin atau kincir. Umumnya turbin digunakan untuk membangkitkan energi listrik sedangkan kincir untuk pemanfaatan energi mekanik secara langsung (Pangestu & Nurwinjayanti, 2021).

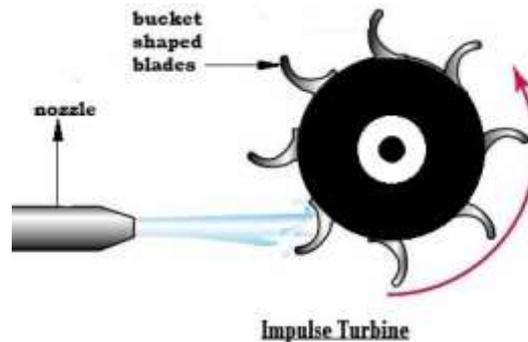
Turbin air merupakan suatu pembangkit yang memanfaatkan energi potensial air menjadi energi mekanik dimana air memutar turbin air. Turbin air merupakan suatu alat yang berputar karena adanya aliran air. Perputaran kincir ini dimanfaatkan untuk menggerakkan generator listrik. Dengan demikian akan dihasilkan aliran listrik yang dapat di pakai untuk berbagai kebutuhan, yang pembuatannya paling banyak di tiru, yang bekerja memanfaatkannya, tinggi air jatuh  $H$  dan kapasitas air  $Q$ . Tenaga air yang mengalir akan menumbuk sudu-sudu dari turbin air, sehingga turbin air menerima sejumlah gaya yang bekerja menyebabkan turbin air bergerak. Adapun perbedaan antara turbin air dengan kincir air terletak pada komponen. Komponen pada turbin lebih optimal dan dapat memanfaatkan air dengan putaran lebih cepat (Pangestu & Nurwinjayanti, 2021). Kincir dapat didefinisikan sebagai peralatan mekanis berbentuk roda (wheel), dengan sudu (bucket atau vane) pada sekeliling tepi-tepinya yang diletakkan pada poros horizontal. Kincir air berarti kincir dengan media kerja air (Morong, 2016).

## A. JENIS-JENIS TURBIN AIR

Berdasarkan (Morong, 2016) bahwa pada umumnya turbin air diklasifikasikan menjadi 2 jenis dilihat dari kerja turbin dalam hal mengubah tinggi jatuh yaitu:

### 1. Turbin Impuls

Turbin impuls adalah turbin yang mengandalkan besarnya tekanan aliran air yang dihasilkan nozzle. Semakin besar tekanan aliran air maka semakin kencang pula putaran turbinnya. Turbin impuls dapat diaplikasikan pada kondisi head (tinggi jatuhnya air) tinggi dengan aliran rendah.



Cara kerjanya, energi potensial air pada nozzle dikeluarkan sehingga menjadi energi kinetik air. Kemudian, semburan air atau energi kinetik air mengenai sudu-sudu turbin sehingga terciptalah putaran turbin atau energi mekanik turbin. Selanjutnya, energi mekanik turbin menggerakkan generator yang membuat terciptalah energi listrik. Berikut ini adalah termasuk turbin impuls:

#### a. Turbin Pelton

Turbin pelton merupakan turbin impuls. Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nosel. Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk head tinggi.



Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pancaran air akan mengenai tengah-tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya-gaya samping. Untuk turbin dengan daya yang besar, sistem penyemprotan airnya dibagi lewat

beberapa nosel. Dengan demikian diameter pancaran air bisa diperkecil dan ember sudu lebih kecil. Turbin Pelton untuk pembangkit skala besar membutuhkan head lebih kurang 150 meter tetapi untuk skala mikro head 20 meter sudah mencukupi.

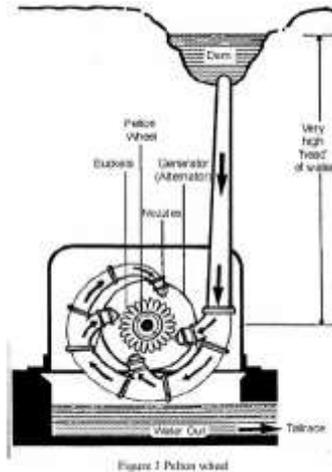
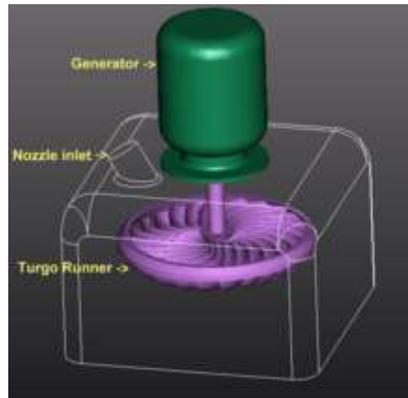


Figure 1 Pelton wheel

#### b. Turbin Turgo

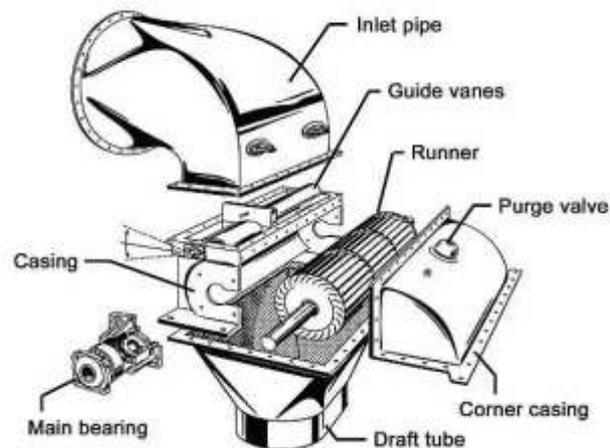
Turbin turgo memiliki desain yang hampir sama dengan turbin pelton, perbedaannya hanya terdapat pada sudut sudu-sudunya. Turbin ini dapat dioperasikan pada head 30 – 300 m.



#### c. Turbin Cross-Flow

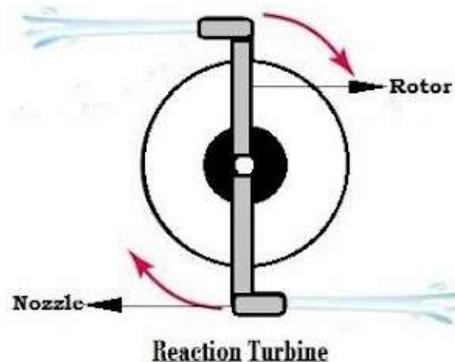
Pada turbin impuls pelton beroperasi pada head relatif tinggi, sehingga pada head yang rendah operasinya kurang efektif atau efisiensinya rendah. Karena alasan tersebut, turbin pelton jarang dipakai secara luas untuk pembangkit listrik skala kecil. Sebagai alternatif turbin jenis impuls yang dapat beroperasi pada head rendah adalah turbin crossflow atau turbin impuls aliran ossberger. Turbin crossflow dapat dioperasikan pada debit 20 litres/sec hingga 10 m<sup>3</sup>/sec dan head antara 1 s/d 200 m.

Aliran air dilewatkan melalui sudu-sudu jalan yang berbentuk silinder, kemudian aliran air dari dalam silinder ke luar melalui sudu-sudu. Jadi perubahan energi aliran air menjadi energi mekanik putar terjadi dua kali yaitu pada waktu air masuk silinder dan air keluar silinder. Energi yang diperoleh dari tahap kedua adalah 20% nya dari tahap pertama.



## 2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang memaksimalkan kekuatan dari tekanan dan besarnya sebuah aliran air (energi kinetik). Semakin besar tekanan dan besarnya sebuah aliran air maka semakin cepat pula putaran turbin. Selain itu, karena semua sudu-sudu mendapatkan tekanan dari aliran air, membuat turbin reaksi memiliki efisiensi yang bagus. Turbin reaksi cocok digunakan pada kondisi head rendah dengan aliran besar.

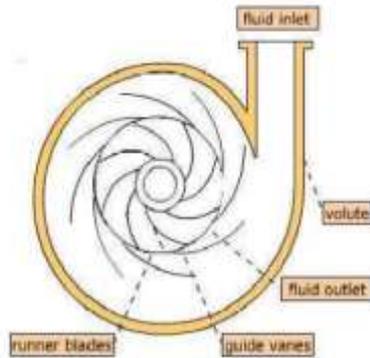


Cara kerjanya, aliran air atau energi kinetik air menggerakkan turbin. Turbin yang berputar menghasilkan tenaga mekanik yang kemudian menggerakkan generator. Selanjutnya, generator mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pada turbin reaksi semua sudunya terendam aliran air yang membuat semua sudu mendapatkan tekanan, sehingga menjadikan turbin ini lebih efisien. Berikut ini adalah turbin reaksi:

### a. Turbin Francis

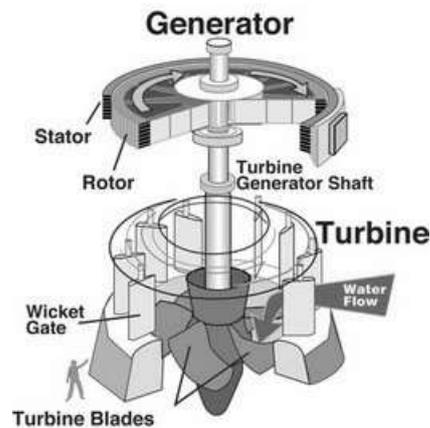
Turbin Francis ini digunakan pada head 10-300 m, dimana baling-balingnya terbuat dari baja. Turbin dipasang diantara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluar. Turbin Francis menggunakan sudu pengarah. Sudu pengarah mengarahkan air masuk secara tangensial. Sudu pengarah pada turbin Francis dapat merupakan suatu sudu pengarah yang tetap ataupun sudu pengarah yang dapat diatur sudutnya. Untuk

penggunaan pada berbagai kondisi aliran air penggunaan sudu pengarah yang dapat diatur merupakan pilihan yang tepat.



b. Turbin Kaplan Propeller

Tidak berbeda dengan turbin francis, turbin kaplan cara kerjanya menggunakan prinsip reaksi. Turbin ini mempunyai roda jalan yang mirip dengan baling-baling pesawat terbang. Bila baling-baling pesawat terbang berfungsi untuk menghasilkan gaya dorong, roda jalan pada kaplan berfungsi untuk mendapatkan gaya  $F$  yaitu gaya putar yang dapat menghasilkan torsi pada poros turbin. Berbeda dengan roda jalan pada francis, sudu-sudu pada roda jalan kaplan dapat diputar posisinya untuk menyesuaikan kondisi beban turbin. Turbin kaplan banyak dipakai pada instalasi pembangkit listrik tenaga air sungai, karena turbin ini mempunyai kelebihan dapat menyesuaikan head yang berubah-ubah sepanjang tahun. Turbin Kaplan dapat beroperasi pada kecepatan tinggi sehingga ukuran roda turbin lebih kecil dan dapat dikopel langsung dengan generator. Pada kondisi pada beban tidak penuh turbin kaplan mempunyai efisiensi paling tinggi, hal ini dikarenakan sudu-sudu turbin kaplan dapat diatur menyesuaikan dengan beban yang ada (Ilmu Teknik, 2020).



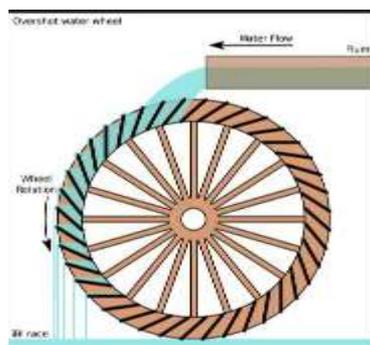
## B. JENIS-JENIS KINCIR AIR

### 1. Kincir Air Overshot

Pada kincir air jenis ini, air dimasukkan ke sudu gerak (bucket) melalui bagian tas roda kincir. Kincir air jenis ini murni memanfaatkan gaya berat air untuk beroperasi. Sebenarnya, dapat juga dikatakan ada sebagian kecil dorongan dari air yang dialirkan ke bucket. Air dari permukaan atas (head race), masuk ke sudu gerak melalui pintu air (sluice gate) yang dapat diatur bukaannya. Besar kecilnya bukaan pintu air ini untuk mengatur putaran kincir air sesuai dengan yang diinginkan, karena pembebanan kincir yang bervariasi pada waktu yang berbeda.

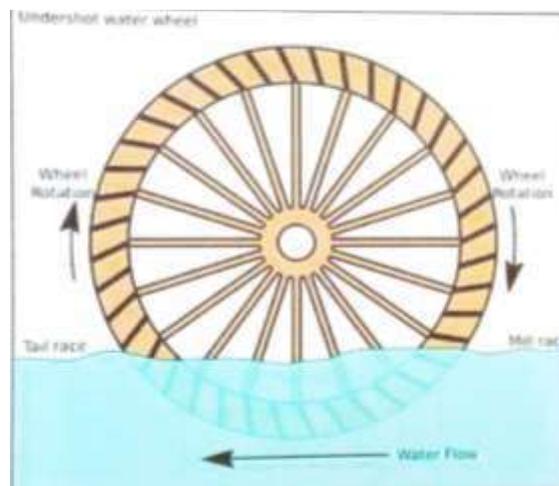
Gaya berat air mendorong sudu gerak ke bawah, dan membuat kincir berputar. Pada posisi sudu gerak mendekati bagian bawah, isi airnya berangsur menjadi kosong, karena bentuk geometri sudu gerak yang dirancang untuk ini. Rancangan kincir air yang dihasilkan kinerja yang baik, antara lain adalah mengatur sudu gerak sehingga energi air dapat dimanfaatkan secara optimal. Kadang posisi kincir diatur agak kebawah, agar pancaran air juga dapat dimanfaatkan. Pada kondisi ini, roda kincir digerakkan oleh sebagian karena gaya berat air, dan sebagian lain oleh dorongan air.

Desain overshoot dapat menggunakan semua aliran air untuk daya (kecuali ada kebocoran) dan tidak memerlukan aliran cepat melewati bagian atas roda, tetapi istilah ini kadang-kadang diterapkan pada roda backshot atau pitchback mana air turun dibelakang roda air. Sebuah roda overshoot khas memiliki air disalurkan ke roda bagian atas dan sedikit diluar as roda. Air dalam ember mengumpul pada sisi roda, sehingga berat dari sisi lain “kosong” dan air mengalir keluar ke dalam air ekor ketika roda berputar cukup untuk mengembalikan ember.



## 2. Kincir Air Undershot

Pada kincir air jenis *undershot*, air masuk ke dalam bentuk pancaran air menumbuk sudu gerak yang membentuk *vanes*, di posisi roda kincir sewaktu berada di bawah atau dasar. Roda kincir berputar hanya karena tumbukan air yang berbentuk pancaran air pada sudu gerak. *Head* potensial dari air mula-mula diubah mejadi *head* kecepatan, sebelum air menumbuk sudu gerak. Tipe ini cocok di pasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata karena aliran yang dibutuhkan adalah aliran datar. Disini aliran air searah dengan arah putaran sudu-sudu.

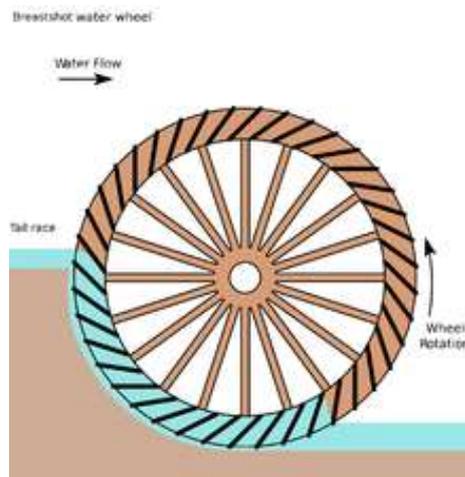


## 3. Kincir Air Breastshot

Kincir air tipe *breastshot*, air masuk ke sudu gerak diketinggian tengah-tengah roda kincir (*breast*). Roda kincir digerakkan oleh kombinasi gaya berat air dan dorongan air. Air dialirkan dari permukaan atas (*headrace*) masuk ke sudu gerak dari roda kincir melalaui sejumlah saluran, yang dibuka dan ditutup melalui mekanisme *rack* dan *pinion*, dan dirancang agar tidak timbul kejutan pada aliran. *Bucket* bergerak ke arah bawah karena gaya berat air, dan memutar roda kincir.

Beberapa hal khusus dari rancangan kincir air jenis *breastshot* adalah sebagian dari bawah roda kincir terendam atau berada di bawah permukaan air bawah (*tail race*) karena gerakan kearah yang sama dari roda kincir dan aliran permukaan air bawah, maka sewaktu air mengalir lebih lanjut, juga akan

membantu memutar roda kincir. Karena itu dapat dikatakan roda kincir digerakkan oleh kombinasi gaya berat air dan sebagian karena dorongan air.

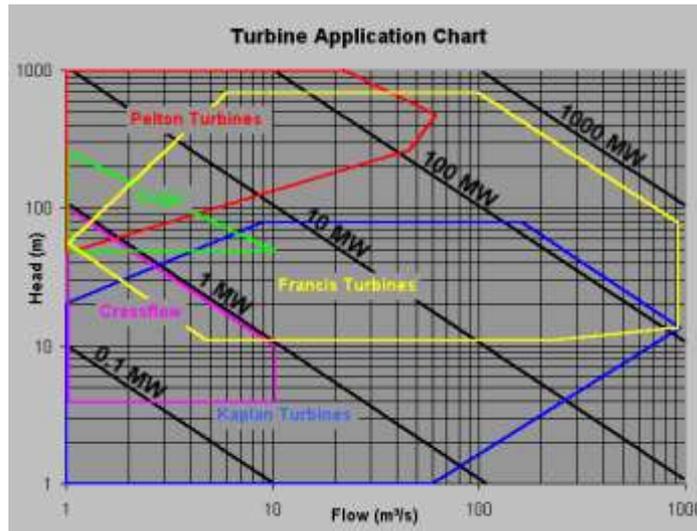


### C. Pemilihan Turbin

Berdasarkan (Morong, 2016) pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin untuk desain yang sangat spesifik. Tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan parameter-parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin, yaitu:

1. Faktor tinggi jatuhan efektif air (tinggi jatuh net) atau aliran air (kecepatan) dan debit air yang akan mempengaruhi pemilihan jenis turbin. Sebagai salah satu contoh turbin pelton. yang beroperasi pelton yang beroperasi pada tinggi jatuh yang tinggi, sedangkan pada turbin propeller sangat efektif beroperasi pada tinggi jatuh yang rendah (percepatan aliran air) dengan jumlah debit air yang besar.
2. Faktor daya yang diinginkan berkaitan dengan debit dan tinggi jatuh yang tersedia.
3. Faktor kecepatan putar turbin yang akan ditransmisikan ke generator. Sebagai contoh, untuk system transmisi direct couple antara generator dan turbin pada tinggi jatuh rendah, sebuah turbin reaksi (propeller) dapat mencapai putaran yang diinginkan, sementara turbin pelton dan crossflow berputar sangat lambat (low speed) yang akan menyebabkan system tidak beroperasi.

Ketiga faktor diatas sering digunakan untuk menentukan (kecepatan spesifik turbin). Pemilihan jenis turbin dapat dilakukan dengan melihat grafik karakteristik hubungan antara tinggi jauh net (m) dan debit aliran ( $m^3/s$ ) agar didapatkan jenis turbin yang cocok sesuai dengan kondisi pengoperasiannya.



#### D. Pemilihan Kincir Air

Pemilihan tipe kincir air dapat dilihat dari keunggulan dan kerugian masing-masing kincir dan berdasarkan (Morong, 2016) ada tiga tipe kincir air yang sangat mudah digunakan pada kondisi debit air ( $Q$ ). Adapun keunggulan dan kerugian masing-masing kincir adalah sebagai berikut:

##### 1. Kincir Air Overshot

Kincir air overshot bekerja bila air yang mengalir ke dalam bagian sudu sudu sisi bagian atas dan karena gaya berat air roda kincir berputar.

##### Keunggulan

- Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85%.
- Tidak membutuhkan aliran yang deras.
- Konstruksi yang sederhana.
- Mudah dalam perawatan.
- Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.

##### Kerugian

- Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan air, sehingga memerlukan investasi yang lebih banyak.
- Tidak dapat diterapkan untuk mesin putaran tinggi.
- Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.
- Daya yang dihasilkan relatif kecil.

##### 2. Kincir Air Undershot

Kincir air undershot bekerja bila air yang mengalir menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata.

##### Keuntungan

- Konstruksi lebih sederhana.
- Lebih ekonomis.
- Mudah untuk dipindahkan.

##### Kerugian

- Efisiensi kecil (25-70)%
- Daya yang dihasilkan relatif kecil.

### 3. Kincir Air Breastshot

Digerakkan oleh kombinasi gaya berat air dan dorongan air.

#### Keuntungan

- Tipe ini lebih efisien dari tipe under shot.
- Dibandingkan tipe overshoot tinggi jatuhnya lebih pendek.
- Dapat diaplikasikan pada sumber air aliran datar.

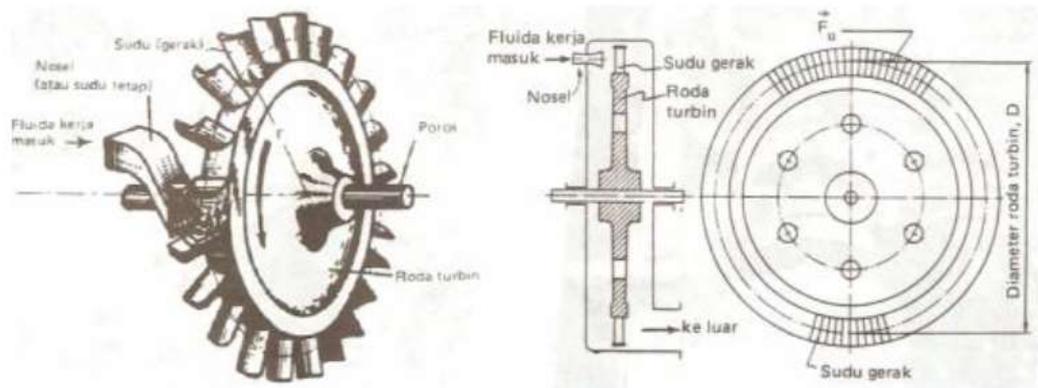
#### Kerugian

- Sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe undershot (lebih rumit).
- Diperlukan pada arus aliran datar.
- Efisiensi lebih kecil dari pada tipe overshoot (20-70)%.

## E. Cara Kerja Turbin Air dan Kincir Air

### 1. Prinsip Kerja Turbin Air

Prinsip kerja turbin air adalah menggunakan energi potensial dari air menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Pada roda turbin terdapat sudu yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada suatu gaya yang bekerja. Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudunya. Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut.



### 2. Prinsip Kerja Kincir Air

Prinsip kerja kincir air yaitu memanfaatkan energi kinetik dari air yang mengalir atau air terjun untuk dijadikan energi mekanik (putaran/gerak). Secara sederhana, energi kinetik yang berasal dari aliran air mengenai bilah atau sudu pada kincir yang kemudian sudu kincir yang terkena aliran air akan bergerak menggerakkan kincir yang berputar pada porosnya. Adapun putaran kincir dapat ditransmisikan untuk menggerakkan alat atau perangkat lainnya. Putaran kincir ini dimanfaatkan untuk menggerakkan generator listrik.

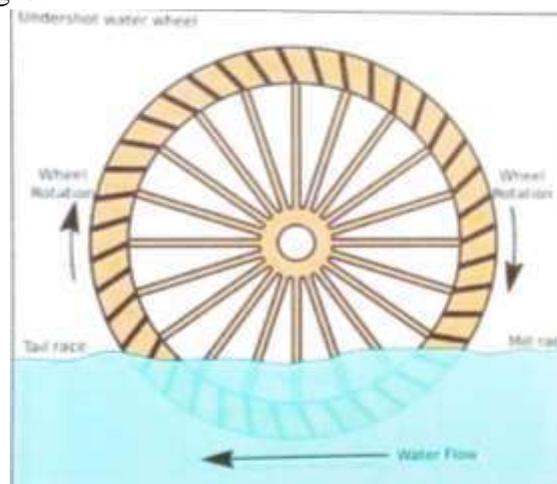


## F. STUDI KASUS

Adapun studi kasus yang diberikan yaitu **“Suatu Irigasi diketahui mempunyai aliran air dengan debit aliran  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Manfaatkanlah irigasi tersebut untuk pembangkit listrik menggunakan kincir air”**. Irigasi adalah segala kegiatan yang mempunyai hubungan dengan usaha untuk mendapatkan air untuk keperluan pertanian. Adapun disini untuk merancang pembangkit listrik menggunakan kincir air.

### a. Analisis Teori dan Pemilihan Kincir Air

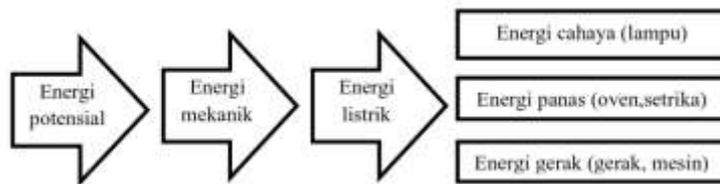
Berdasarkan studi kasus diberikan bahwa dapat dilihat bahwa untuk penempatan kincir air nya yaitu di irigasi yang dimana irigasi merupakan perairan yang dangkal dengan daerah yang rata. Pada kincir air dapat dilihat bahwa ada 3 tipe kincir air yaitu kincir air Undershot, Breastshot, dan Overshot. Adapun pemilihan kincir air pula dapat ditentukan dengan melihat dari keunggulan dan kerugian masing-masing tipe kincir air dan untuk penggunaan di irigasi maka digunakan **Kincir Air Undershot** karena tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal seperti irigasi.



Prinsip kerja dari kincir air tipe undershot adalah ketika aliran sungai atau aliran air menumbuk salah satu dari blade, maka blade akan bergerak mengikuti arah aliran air dan secara bergantian masing-masing blade akan tertumbuk oleh

aliran air sehingga kincir air akan memutar poros. Poros kincir dihubungkan dengan generator, sehingga generator akan berputar dan menghasilkan listrik.

Pada proses kerja kincir air pembangkit listrik sampai pada pemakaian listrik terjadi beberapa perubahan energi. Pertama, adalah perubahan energi potensial yang ada di dalam aliran air menjadi energi mekanik (gerak) oleh kincir. Kedua, energi mekanik ini akan memutar generator. Akibat perputaran generator terjadilah lompatan elektron. Hal inilah yang menghasilkan arus listrik. Proses selanjutnya arus listrik di distribusikan ke rumah-rumah, pabrik-pabrik maupun apa saja yang membutuhkan listrik. Hal ini dapat dilihat pada skema berikut ini.



#### b. Analisis Perhitungan

Pada studi kasus yang diberikan, hanya diberikan nilai debit ( $Q$ ) sebesar  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pada kincir air Undershot tidak mempunyai tambahan keuntungan dari head. Adapun parameter perhitungan yang dapat dihitung ialah:

Misalnya Kecepatan Aliran ( $v$ ) =  $1 \text{ m/s}$

##### 1. Luas Penampang Pipa

$$Q = A \times v$$

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0,5}{1} = 0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

##### 2. Diameter Pipa

$$A = \frac{1}{4} \pi D_{\text{pipa}}^2$$

$$0,5 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$$

$$D^2 = \frac{0,5 \times 4}{3,14} = 0,6369$$

$$D = \sqrt{0,6369}$$

$$D = 0,798 \text{ m}$$

##### 3. Daya

$$P_{\text{air}} = \frac{1}{2} \rho \cdot Q \cdot v^2$$

$$P_{\text{air}} = \frac{1}{2} 1000 \times 0,5 \times 1^2$$

$$P_{\text{air}} = 250 \text{ kW}$$

Adapun daya air yang dihasilkan pada kecepatan aliran ( $v$ )  $1 \text{ m/s}$  adalah  $250 \text{ kW}$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Gesaintech. (2021, November 12). *Kincir Air: Pengertian, Cara Kerja, Pemanfaatan, dan Jenisnya* . Retrieved from Gesaintech.com: <https://www.gesainstech.com/2021/11/kincir-air-pengertian-cara-kerja-manfaat-jenis.html>
- Ilmu Teknik. (2020, Juni 14). *Jenis-Jenis Turbin Air Beserta Cara Kerjanya*. Retrieved from ilmuteknik.id: <https://ilmuteknik.id/jenis-jenis-turbin-air-beserta-cara-kerjanya/>
- Koaksi Indonesia. (2019). *Air Sebagai Sumber Energi Terbarukan*. Retrieved 4 23, 2022, from <https://coaction.id/en/air-sebagai-sumber-energi-terbarukan/>
- Morong, J. Y. (2016). Rancang Bangun Kincir Air Irigasi Sebagai Pembangkit Listrik di Desa Talawan. *Mahasiswa Thesis*(Politeknik Negeri Manado).
- Pangestu, A. D., & Nurwinjayanti, K. (2021). Pembangkit Listrik Tenaga Air Dengan Teknik Turbulent Whirlpool. *IKRAITH-Teknologi*, 5(3), 58-65.