

SKRIPSI

**ANALISA KERUGIAN MEKANIS GENERATOR PADA TURBIN ARUS
VERTIKAL TERAPUNG (TAVT)**

Disusun dan diajukan Oleh :

LA ODE SULAIMAN PRATONO

D331 15 001



DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**ANALISA KERUGIAN MEKANIS GENERTAOR PADA TURBIN ARUS
VERTIKAL TERAPUNG (TAVT)**

Disusun dan diajukan Oleh :

LA ODE SULAIMAN PRATONO

D331 15 001

Telah dipertahankan di hadapan panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

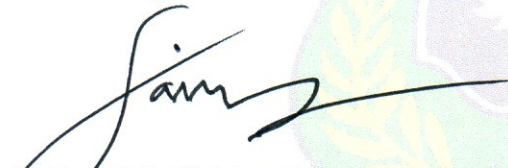
Pada tanggal 25 Februari 2021

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

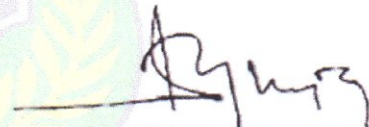
Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Inf.Tech., M. Eng
NIP. 19810211 20050 1 003



Ir. Zulkifli., MT.
NIP. 195701151988111001

Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Inf.Tech., M. Eng
NIP. 19810211 20050 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : LA ODE SULAIMAN PRATONO
NIM : D33115001
Program Studi : TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

ANALISA KERUGIAN MEKANIS GENERATOR PADA TURBIN ARUS VERTIKAL TERAPUNG (TAVT)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Bahwa apanila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas pembuatan tersebut.

Makassar, 23 Februari 2021

Yang menyatakan



LA Ode Sulaiman Pratono

LA ODE SULAIMAN PRATONO
D331 15 001

“GENERATOR MECHANICAL LOSS ANALYSIS ON FLOATING
VERTICAL FLOW TURBINE”

By : La Ode Sulaiman Pratono
Supervisor : 1. Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M. Inf. Tech., M. Eng.
2. Ir. Zulkifli., MT.
Email : *laodesulaiman31@gmail.com*

ABSTRACT

Starting from research that has been made previously with the experiment of making a floating vertical current turbine. This study aims to find out the efficiency of losses that occur in an object by knowing every increase in RPM produced so that it is known the voltage produced, which will later produce torque value on the turbine shaft. This tool is tested with 2 cases namely (1) testing using a 300 watt generator, (2) 800 watt generator. The increase in each RPM is 45, 90, 135, and round 180. One of the types of generators used is an alternating generator to convert mechanical power into electric power. The driving source of the generator uses Electric Motor. Based on the tests that have been carried out, it can be concluded that this tool can work properly. This is indicated by the test results of the tool well and the data can be met. So the greater the generator power, the greater the efficiency of the generator and vice versa, this is caused because the generator used at 300 watts of power is DC type while 800 watts of power is an AC type. Minimum and maximum generator efficiency generated from both generators, namely in 300 watt generators obtained 2.3% and 3.19%. while on generators 800 watts 4.97% and 7.98%.

Keywords: *Torque, Driving Source, Efficiency generator*

ANALISA KERUGIAN MEKANIS GENERATOR PADA TURBIN ARUS
VERTIKAL TERAPUNG (TAVT)

Oleh : La Ode Sulaiman Pratono
Pembimbing : 1. Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M. Inf. Tech., M. Eng.
2. Ir. Zulkifli., MT.
Email : *laodesulaiman31@gmail.com*

ABSTRAK

Berawal dari penelitian yang telah dibuat sebelumnya dengan eksperimen pembuatan turbin arus vertikal terapung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Efisiensi kerugian yang terjadi pada suatu benda dengan mengetahui setiap kenaikan RPM yang dihasilkan sehinggah diketahui tegangan yang dihasilkan, yang nantinya akan menghasilkan nilai Torsi pada poros turbin tersebut. Alat ini di uji dengan 2 kasus yaitu (1) pengujian dengan menggunakan generator 300 watt, (2) generator 800 watt. Adapun kenaikan setiap RPM adalah 45, 90, 135, dan putaran 180. Salah satu dari jenis generator yang digunakan adalah generator bolak balik balik untuk mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik. Sumber penggerak dari generator tersebut menggunakan Motor Listrik. Berdasarkan pengujian yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan bahwa alat ini dapat bekerja dengan baik. Hal tersebut ditunjukkan oleh hasil uji alat dengan baik dan data dapat terpenuhi. Jadi semakin besar Daya Generator maka semakin besar Efisiensi Generator begitupun sebaliknya, ini di akibatkan karna Generator yang digunakan pada daya 300 watt adalah Jenis DC sedangkan Daya 800 watt adalah jenis AC. Efisiensi generator minimum dan maksimum yang dihasilkan dari kedua generator yaitu Pada generator 300 watt didapatkan 2.3% dan 3.19%. sedangkan pada generator 800 watt 4.97% dan 7.98%.

Kata Kunci: *Torsi, sumber penggerak, Efisiensi generator.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah Rabbil'alam, dengan segala kerendahan hati, penulis panjatkan puja dan puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas izin, dan Rahmatnyalah, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata (S1) Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Tugas Akhir ini disusun berdasarkan kajian literatur, praktik, dan juga diskusi. Dalam penyajian Tugas Akhir ini penulis menyadari masih belum mendekati kesempurnaan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan koreksi dan saran yang sifatnya membangun sebagai bahan masukan yang bermanfaat demi perbaikan dan peningkatan diri dalam bidang ilmu pengetahuan.

Terselesainya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan semangat, doa dan bimbingannya kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Kedua Orang Tua yang selalu mendoakan dan support serta bantuan finansial untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tak lupa pula penulis mengucapkan terimakasih kepada Dosen Pembimbing, dalam hal ini Dr. Eng. Faisal Mahmuddin., S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya

guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan Tugas Akhir ini, tak lupa juga saya berterima kasih kepada Ir. Zulkifli., M.T selaku dosen pembimbing kedua yang juga selalu mensupport dan meluangkan waktunya. penulis juga berterima kasih kepada para dosen Teknik sistem perkapalan dan juga dosen lain diluar departemen Teknik sistem perkapalan yang sempat mengajar dengan sepenuh hati hingga penulis sampai pada pencapaian ini serta Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Perkapalan khususnya angkatan 2015 dan Rekan-rekan Laboratorium Sistem Bangunan Laut yang telah memberikan pengalaman-pengalaman berharga selama penulis menjadi seorang mahasiswa. Tak lupa pula penulis sampaikan banyak terima kasih kepada kanda-kanda Senior dan dinda-dinda Junior atas motivasi dan dukungannya.

Penulis juga menyadari bahwa masih banyak ada kekurangan pada Tugas Akhir ini, oleh karena itu penulis sangat berterima kasih kepada seluruh pihak yang bersedia memberikan saran demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Skripsi ini dapat berguna untuk kita semua.

Wasalamu'alaikum Wr.Wb.

Gowa, 7 Januari 2021

La Ode Sulaiman Pratono
NIM. D331 15 001

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
RINGKASAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR SIMBOL.....	x
BAB I PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Rumusan Masalah	2
I.3. Batasan Masalah	2
I.4. Tujuan Penelitian	3
I.5. Manfaat Penelitian	3
I.6. Metode Penelitian	3
I.7. Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	
II.1. Turbin.....	6
II.1.1. Turbin Air.....	6
II.1.2. Pengertian Turbin Air.....	7
II.1.3. Prinsip Kerja Turbin Air.....	7
II.1.4. Torsi.....	10
II.1.5. Jenis – Jenis Turbin	11

II.1.6. Evaluasi Turbin Sumbu Vertikal	12
II.2. Efisiensi Generator	12
II.2.1. Pengertian Generator	12
II.2.2. Pengertian Efisiensi	13
II.2.3. Tujuan dan Manfaat Efisiensi.....	15
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
III.1.Tempat dan Waktu Penelitian	16
III.1.1. Tempat dan Lokasi Penelitian	16
III.1.2. Waktu Pengambilan Data Penelitian.....	16
III.2. Teknik dan Metode Pengambilan Data Penelitian	16
III.3. Kasus yang Diuji	18
III.4. Alat, Bahan, dan Komponen Penelitian	18
III.5. Tahapan Penelitian	22
III.6. Kerangka Pikir	23
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
VI.1. Sistem Pengukuran Torsi	24
VI.2. Tegangan dan Arus pada Generator.....	26
VI.3. Analisis Data Hasil Pengujian Turbin Arus Vertikal	28
VI.3.1. Analisis Hasil Pengujian Karakteristik Output Generator	28
VI.3.2. Analisis Hasil Pengujian Karakteristik Input Generator.....	30
VI.3.3. Analisis Hasil Karakteristik Efisiensi Generator	31

BAB V PENUTUP

V.1. Kesimpulan.....34

V.2. Saran.....34

DAFTAR PUSTAKA36

LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Pemasangan Motor listrik ke Poros Turbin

Lampiran 2. Gambar Pengujian Alat dan Pengambilan Data

Lampiran 3. Gambar Rangkaian pengukuran Efisiensi Generator TAVT

Lampiran 4. Tabel Data Tegangan (V) pada Generator 300 watt

Lampiran 5. Tabel Data Tegangan (V) pada Generator 800 watt

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Daun dengan Tipe Darrieus.....	16
Tabel 4.1 Torsi pada Generator 300 watt.....	24
Tabel 4.2 Torsi pada Generator 800 watt.....	25
Tabel 4.3 Torsi Tanpa Generator	25
Tabel 4.4 Tegangan pada Generator 300 watt	26
Tabel 4.5 Tegangan pada Generator 800 watt	27
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Daya Listrik keluar pada generator 300 watt	29
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Daya Listrik keluar pada generator 800 watt	29
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Daya Listrik masuk pada generator 300 watt.....	30
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Daya Listrik In pada generator 800 watt.....	31
Tabel 4.10 Rekapitulasi Hasil Pin dan Pout pada Generator 300 watt	31
Tabel 4.11 Rekapitulasi Hasil Pin dan Pout pada Generator 800 watt	31
Tabel 4.12 Perhitungan Efisiensi pada Generator 300 watt	32
Tabel 4.13 Perhitungan Efisiensi pada Generator 800 watt.....	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis Turbin Berdasarkan Sumbu putar Porosnya.....	8
Gambar 2.2 Gaya yang dibangkitkan sebuah plat datar tipis pada aliran steady	9
Gambar 2.3 Contoh turbin yang memanfaatkan (a) gaya drag dan (b) gaya lift	9
Gambar 2.4 Proses terjadinya rotasi.....	10
Gambar 3.1 Diameter Daun Tipe Darrieus	17
Gambar 3.2 Dimensi Daun Tipe Darrieus.....	17
Gambar 3.3 Alur Pengukuran pada Turbin.....	18
Gambar 4.1 Grafik Hubungan RPM terhadap Torsi	26
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Tegangan yang keluar dari Generator.....	27
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Arus yang keluar dari Generator.....	27
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Efisiensi Generator	33

DAFTAR SIMBOL

I = Arus (ampere)

N = RPM

P_{out} = Daya keluar (watt)

P_{in} = Daya masuk (watt)

Q = Torsi (Nm)

V = Tegangan (volt)

η = Efisiensi (%)

π = Konstanta (3.14)

Θ = Sudut ($^{\circ}$)

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Penggunaan teknologi oleh manusia dalam membantu menyelesaikan pekerjaan merupakan hal yang menjadi kahasusan dalam kehidupan. Manusia sebagai pengguna teknologi harus mampu memanfaatkan teknologi yang ada saat ini, maupun perkembangan teknologi tersebut selanjutnya. Adaptasi manusia dengan teknologi baru yang telah berkembang wajib dilakukan melalui pendidikan.

Berawal dari penelitian yang telah dibuat sebelumnya, maka dari itu muncul suatu ide, dimana ide tersebut merupakan suatu pengembangan dari alat pembangkit listrik tenaga arus. Sistem pembangkit listrik ini dirancang dengan sumbu vertikal pada turbin arus, yang mengubah energi air menjadi arus listrik yang kemudian digunakan untuk mencharge battery. Dari pengembangan yang akan dibuat pada turbin arus ini nantinya akan membandingkan kedua jenis generator yang digunakan, yaitu AC dan DC. Adapun prinsip kerja efisiensi generator adalah semakin besar daya generator yang digunakan maka semakin kecil efisiensi generator yang di hasilkan, begitupun sebaliknya.

Kelebihan energi air ini adalah tidak menimbulkan polusi karena tidak membutuhkan bahan bakar fosil sama sekali dan bebas didapatkan begitu saja di alam, juga sumber energinya dapat diperbaharui. Terutama bagi masyarakat

kalangan menengah bawah, biaya yang dibutuhkan tidak begitu mahal dan banyak menghasilkan energi.

Kenaikan setiap RPM pada turbin arus vertikal akan mengetahui nilai Torsi turbin arus vertikal. Adanya putaran pada turbin yang digunakan akan menghasilkan tegangan dan arus yang keluar dari generator. Sehingga diketahui efisiensi yang terjadi pada generator. Maka dari itu pentingnya untuk mengetahui efisiensi kerugian mekanis pada generator. Jadi dari pembahasan di atas maka saya berinisiatif melakukan penelitian berupa “ANALISA KERUGIAN MEKANIS GENERATOR PADA TURBIN ARUS VERTIKAL TERAPUNG (TAVT)”

I.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada eksperimen ini adalah untuk mengetahui :

1. Bagaimana melakukan pengukuran torsi pada poros Turbin Arus Vertikal Terapung (TAVT)?
2. Bagaimana menentukan kerugian mekanis atau efisiensi generator sebuah Turbin Arus Vertikal Terapung (TAVT)?

I.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini diberikan batasan-batasan masalah agar tidak terjadi meluasnya permasalahan yaitu sebagai berikut :

1. Turbin Air Vertikal Terapung (TAVT) yang digunakan adalah Tipe Darrieus

2. Generator yang digunakan ada 2 yaitu jenis Generator DC mempunyai daya 300 watt dan jenis Generator AC dengan daya 800 watt

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengukuran pada poros turbin dengan menggunakan Torsi meter
2. Mengetahui kerugian mekanis generator pada poros Turbin.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Mengetahui efisiensi generator yang terdapat pada poros turbin.
2. Dapat berguna bagi masyarakat yang ingin menggunakan pembangkit listrik ini.
3. Sebagai bahan pembelajaran dan penelitian untuk menambah wawasan penulis dalam hal yang berhubungan dengan bidang yang ditekuni.
4. Dan juga sebagai tugas akhir untuk menyelesaikan studi S1 pada program studi Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

I.6 Metode Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian penulisan menggunakan metode-metode sebagai berikut :

1. Kajian literature yaitu dengan mempelajari jurnal penelitian, makalah dan buku-buku yang menyangkut teori dasar dan pengembangannya sesuai kebutuhan.

2. Praktik yaitu melakukan pengamatan langsung dan penelitian untuk membuat rancangan peralatan yang ingin di uji.
3. Diskusi yaitu melakukan tukar pendapat dengan dosen pembimbing dan rekan mahasiswa.

I.7 Sistematika Penulisan

Secara garis besar, penulis membagi kerangka masalah dalam beberapa bagian yaitu sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan diuraikan teori-teori yang berkaitan dengan masalah-masalah yang akan dibahas.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan diuraikan tentang konsep dasar perancangan. Perhitungan rancangan dan komponen yang diperlukan.

BAB IV : PEMBAHASAN

Pada bab ini akan diuraikan tentang pembahasan-pembahasan pada rancangan yang dibuat, komponen yang dibutuhkan dan analisa dari rangkaian yang dirancang.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran sebagai jawaban akhir dari permasalahan yang di analisa.

BAB II

LANDASAN TEORI

II 1. Turbin

II.1.1. Turbin Air

Air merupakan salah satu energi yang secara luas telah banyak digunakan di Indonesia. Sebagian besar digunakan sebagai pembangkit listrik. Bahkan bagi beberapa perusahaan, membuat pembangkit listrik pribadinya sendiri. Seperti halnya pada bidang pertanian, pasokan energi listriknya bersumber pada energi air. Pada masa depan, industri kecil di pedesaan akan tumbuh berkembang secara pesat melalui energi yang dijalankan sistem mikrohidro ini.

Indonesia memiliki potensi energy tenaga air yang sangat besar yakni 75, 67 Gwatt untuk skala besar dan 712 Mwatt untuk pembangkit sedang dan kecil. Potensi ini baru sedikit yang dimanfaatkan yakni 4200 Mwatt untuk skala besar dan 206 Mwatt untuk skala kecil (Tonny Agus Mulyantono, 2005). Banyaknya sumber air di Indonesia, seperti sungai, danau, maupun laut dapat dijadikan modal dalam pengembangan energi terbarukan. Namun perlu diperhatikan ekosistem lingkungan untuk tetap terjaga.

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. Dalam menggerakkan kincir, aliran air pada sungai dapat dimanfaatkan ketika kecepatan alirannya memadai (Adia Cahya Purnama dkk., 2013).

II.1.2. Pengertian Turbin Air

Turbin air adalah turbin yang menggunakan fluida kerja air. Air mengalir dari tempat tinggi ke tempat rendah. Dalam hal tersebut air memiliki energi potensial. Dalam proses aliran di dalam pipa energy potensial berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetik. Di dalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energy mekanis, di mana air memutar roda turbin (Irawan dan Syamsuri, 2018).

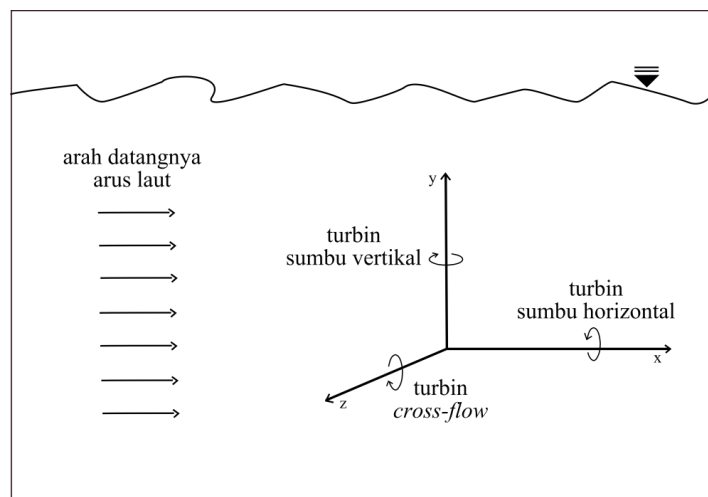
Dalam suatu sistim PLTA, turbin air merupakan salah satu peralatan utama selain generator. Turbin air adalah alat untuk mengubah energi air menjadi energi punter. Energi puntir ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator (Djoko Luknanto, 2007).

II.1.3. Prinsip Kerja Turbin Air

Pada roda turbin terdapat sudu, yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruangan diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada gaya yang bekerja. Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudu-sudunya. Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut (Wiranto, 1997).

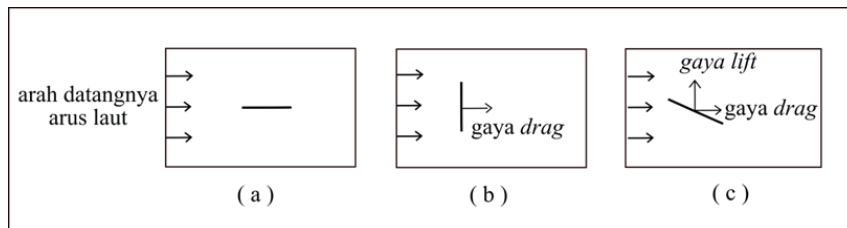
Berdasarkan sumbu putar porosnya (Gambar 2.1), turbin hidrokinetik diklasifikasikan menjadi tiga tipe yaitu : turbin sumbu horizontal, turbin *cross-flow* dan turbin sumbu vertikal (Khan dkk, 2009). Turbin sumbu horizontal

mempunyai sumbu putar poros yang sejajar (*parallel*) dengan arah datangnya aliran arus laut. Tipe horizontal ini lebih cenderung memanfaatkan gaya *lift*. Sedangkan turbin *cross-flow* berputar sejajar (*horizontal*) terhadap permukaan air dan memotong (*cross*) arah datangnya aliran arus laut. Tipe *cross-flow* ini juga bisa memanfaatkan gaya *lift* maupun gaya *drag*. Urutan tipe turbin yang banyak dikembangkan adalah turbin sumbu horizontal (43%), turbin sumbu vertikal (33%), turbin *cross-flow* (7%), konsep turbin lain (17%) (Khan dkk, 2009).



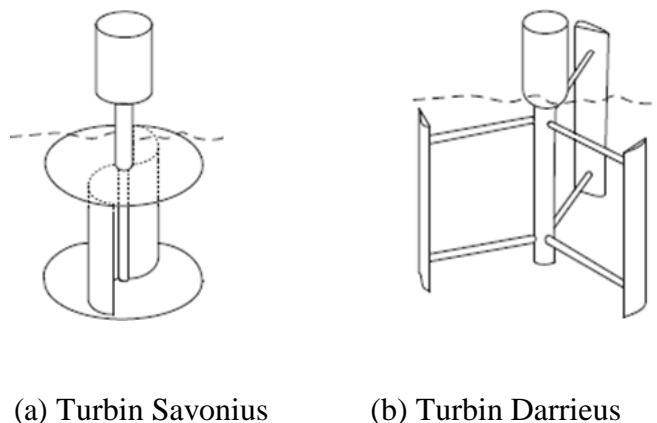
Gambar 2.1 Jenis turbin berdasarkan sumbu putar porosnya

Gaya *lift* dihasilkan tegak lurus dengan arah datangnya aliran arus. Gambar 2.2 (c) menunjukkan plat diletakkan dengan sudut kemiringan tertentu. Karena itu, plat akan membangkitkan gaya *lift* dan gaya *drag*. Gaya akhir yang dibangkitkan adalah resultan dari kedua gaya tersebut. Pemilihan sudut plat yang tepat sangat penting dalam mengoptimalkan resultan gaya yang dibangkitkan.



Gambar 2.2 Gaya yang dibangkitkan sebuah plat datar tipis pada aliran steady

Contoh turbin sumbu vertikal yang memanfaatkan gaya *drag* adalah turbin Savonius. Profil sudu yang digunakan pada turbin jenis *drag* biasanya berbentuk datar. Gambar 2.3 (a) menunjukkan upaya pengoptimalkan gaya *drag* yang dibangkitkan dengan cara memodifikasi profil sudunya menjadi cekung. Turbin tipe ini biasanya menghasilkan torsi tinggi namun terbatas dengan kecepatan putar yang dihasilkan rendah (Behrouzi, 2016). Oleh sebab itu, turbin beroperasi pada TSR rendah yaitu antara 0,6-1,2 dan cenderung menghasilkan kinerja yang rendah yaitu 0,25-0,225 (Golecha dkk, 2011). Penelitian lain juga membuktikan bahwa turbin jenis *drag* bekerja pada rentang TSR yang rendah yaitu 0,5-1 (Kumar dan Saini, 2017). Putaran yang dihasilkan turbin sangat rendah sehingga membutuhkan rasio *gear* untuk meningkatkan putaran yang cukup besar.



(a) Turbin Savonius

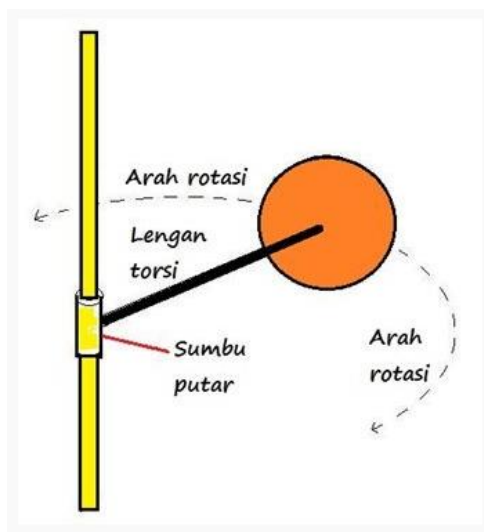
(b) Turbin Darrieus

Gambar 2.3 Contoh turbin yang memanfaatkan (a) gaya *drag* dan (b) gaya *lift*

II.1.4. Torsi

Momen gaya atau torsi dapat didefinisikan dengan beberapa pengertian :

1. Torsi adalah gaya pada sumbu putar yang dapat menyebabkan benda bergerak melingkar atau berputar.
2. Torsi disebut juga momen gaya.
3. Momen gaya/torsi bernilai positif untuk gaya yang menyebabkan benda bergerak melingkar atau berputar searah dengan putaran jam (clockwise), dan jika benda berotasi dengan arah berlawanan putaran jam (counterclockwise), maka torsi penyebabnya bernilai negatif.
4. Setiap gaya yang arahnya tidak berpusat pada sumbu putar benda atau titik massa benda dapat dikatakan memberikan Torsi pada benda tersebut.



Gambar 2.4. proses terjadinya rotasi

II.1.5. Jenis-jenis Turbin

Pengelompokkan jenis turbin dapat didasarkan dari cara kerjanya, konstruksinya (susunan poros dan pemasukkan air) dan kecepatan spesifiknya.

- a. Jenis turbin menurut cara kerjanya
 1. Yang dimaksud dengan turbin impuls adalah turbin air yang cara bekerjanya dengan merubah seluruh energi air (yang terdiri dari energi potensial + tekanan + kecepatan) yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi puntir. Contoh : turbin Pelton.
 2. Yang dimaksud dengan turbin reaksi adalah turbin air yang cara bekerjanya dengan merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi puntir. Turbin air reaksi dibagi menjadi dua jenis yaitu :
 - a) Francis, contoh : turbin Francis dan
 - b) Propeller :
 - Sudu tetap (fixed blade), turbin jenis ini merupakan turbin generasi pertama dari jenis ini. Karena sudu tidak dapat diatur, maka efisiensinya berkurang jika digunakan pada kisaran debit yang lebar. Oleh karena itu dikembangkan jenis dengan sudu yang dapat diatur agar efisiensi tetap tinggi walaupun kisaran debitnya lebar.
 - Sudu dapat diatur (adjustable blade), contoh Kaplan, Nagler, Bulb, Moody.
- b. Jenis turbin berdasarkan susunan poros
 1. Turbin poros horisontal, yang termasuk turbin jenis ini adalah turbin propeller dan turbin pelton.

2. Turbin poros vertikal, yang termasuk turbin jenis ini adalah turbin crossflow, francis, dan Kaplan.

II.1.6. Evaluasi Turbin Sumbu Vertikal

Pada tahap awal telah dilakukan studi literatur mengenai kelebihan dan kekurangan turbin arus laut sumbu vertikal (Satrio dkk, 2016). Kelebihan yang dimiliki bisa menjadi bahan untuk memperkuat adanya penelitian ini. Sedangkan beberapa kekurangan yang ada dapat dijadikan bahan untuk menentukan rumusan masalah yang akan didalami untuk diteliti.

II.2. Efisiensi Generator

II.2.1. Pengertian Generator

Generator adalah sebuah mesin yang menghasilkan tenaga listrik dengan masukan tenaga mekanik. Prinsip kerja generator sinkron berdasarkan induksi elektromagnetik, setelah rotor diputar oleh penggerak mula (*prime mover*) dengan demikian kutub-kutub yang ada pada rotor akan berputar. Jika kumparan kutub disuplai oleh tegangan searah maka pada permukaan kutub akan timbul medan magnet (garis-garis gaya magnet) yang berputar kecepataannya sama dengan putaran kutub.

Berdasarkan hukum Faraday, apabila lilitan penghantar atau konduktor diputar memotong garis-garis gaya magnet yang diam atau lilitan yang diam dipotong oleh garis-garis gaya magnet yang berputar maka pada penghantar.

II.2.2. Pengertian Efisiensi

Pengertian efisiensi adalah suatu ukuran keberhasilan sebuah kegiatan yang dinilai berdasarkan besarnya biaya / sumber daya yang digunakan untuk mencapai hasil yang diinginkan.

Dalam hal ini, semakin sedikit sumber daya yang digunakan untuk mencapai hasil yang diharapkan maka prosesnya dapat dikatakan semakin efisien. Suatu kegiatan dapat dikatakan efisien jika ada perbaikan pada prosesnya, misalnya menjadi lebih cepat atau lebih murah.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), efisiensi dapat diartikan sebagai ketepatan cara dalam melakukan sesuatu, dan kemampuan melaksanakan tugas dengan baik dan tepat tanpa membuang biaya, waktu, dan tenaga.

Menurut Sunyoto (1993), Di dalam generator arus searah dikenal tiga macam daya yaitu daya masukan (P_{in}), daya pada jangkar (daya dalam P_a), dan daya keluaran (P_{out}). Daya masukan adalah daya yang digunakan untuk memutar rotor generator. Daya pada jangkar (daya dalam) adalah daya yang dihasilkan oleh lilitan jangkar sedangkan daya keluaran adalah daya yang dipakai oleh beban.

Perbandingan antara daya keluaran P_1 dengan daya masukan P_2 disebut Efisiensi Generator dan dinyatakan dengan persamaan :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.1)$$

Dimana :

η = Efisiensi (%)

P_{out} = Daya keluar (watt)

P_{in} = Daya masuk (watt)

Daya listrik yang dihasilkan oleh generator (P_{out}) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P_{out} = V \times I \quad (2.2)$$

Dimana :

P_{out} = Daya keluar (watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

Daya listrik yang di hasilkan oleh generator (P_{in}) atau mencari daya turbin input dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_{in} = Q \times N \times 2 \times \pi / 60 \quad (2.3)$$

Dimana :

P_{in} = Daya masuk (watt)

Q = Torsi (Nm)

N = RPM

π = Konstanta (3.14)

II.2.3. Tujuan dan Manfaat Efisiensi

Efisiensi sering dilakukan pada berbagai bidang kehidupan manusia yang tentunya memiliki tujuan sebagai alasan dilakukannya efisiensi. Secara umum, tujuan efisiensi adalah sebagai berikut :

- Untuk mencapai suatu hasil atau tujuan sesuai dengan yang diharapkan.
- Untuk menghemat atau mengurangi penggunaan sumber daya dalam melakukan kegiatan.
- Untuk memaksimalkan penggunaan segala sumber daya yang dimiliki sehingga tidak ada yang terbuang percuma.
- Untuk meningkatkan kinerja suatu unit kerja sehingga *output*-nya semakin maksimal.
- Untuk memaksimalkan keuntungan yang mungkin didapatkan.

Dari penjelasan di atas kita mengetahui bahwa tujuan dari berbagai upaya efisiensi adalah untuk mencapai efisiensi optimal. Efisiensi optimal adalah perbandingan terbaik antara pengorbanan yang dilakukan untuk mendapatkan suatu hasil yang diharapkan.