

SKRIPSI

PERANCANGAN POWER TAKE-OFF TURBIN ARUS POROS TERAYUN

Disusun dan diajukan oleh

FADHIL JAVIER FANNA

D331 15 505



DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2021

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

PERANCANGAN POWER TAKE-OFF TURBIN ARUS POROS TERAYUN

Disusun dan diajukan oleh

FADHIL JAVIER FANNA

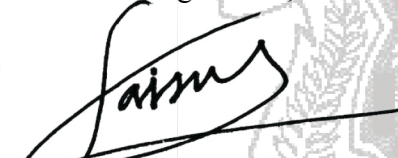
D331 15 505

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 1 Februari, dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Eng Faisal M., S.T., M.Eng.

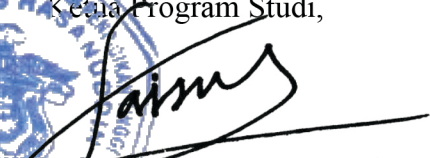
Nip : 198102112005011003


Haryanti Rivai, S.T., M.T., Ph.D.

Nip : 197502252002122001

Ketua Program Studi,




Dr. Eng Faisal M., S.T., M.Eng

Nip : 198102112005011003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : FADHIL JAVIER FANNA
NIM : D33115505
Program Studi : TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

PERANCANGAN POWER TAKE-OFF TURBIN ARUS POROS TERAYUN

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.

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

Makassar, 2 Februari 2021

Yang menyatakan



(Fadhil Javier Fanna)

Kata Pengantar

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan limpahan nikmat yang sangat luar biasa kepada penulis, dan tidak lupa juga sholawat serta salam kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita semua menuju peradaban manusia yang lebih baik. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata (S1) Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Meskipun dalam proses penyusunannya penulis melakukannya semaksimal mungkin dan dengan kesungguhan, namun penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam laporan skripsi ini. Oleh karena itu kritik serta masukan yang sifatnya membangun sangatlah di harapkan.

Semoga Allah SWT membalas segala jasa dan kebaikan semua pihak yang telah membantu penulisan skripsi ini.

Terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu disampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Keluarga penulis: kedua orang tua, ayahanda Syamsul Bakhri dan ibunda Prihatini yang hingga saat hari ini masih membuat saya termotivasi, dan kakak saya Hamas Al Asad Fanna dan adik saya Gibril Tariq Fanna yang terus memberikan dukungan sehingga perkuliahan saya dapat terselesaikan.
2. Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

3. 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.
4. Haryanti Rivai, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan Tugas Akhir ini.
5. Para Dosen penguji skripsi yang telah memberikan masukan yang terbaik.
6. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas ilmu dan wawasan yang diberikan selama masa studi penulis.
7. Staf Tata Usaha Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan serta dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Rekan-rekan mahasiswa jurusan Teknik Perkapalan, Rekan-Rekan mahasiswa kampus UNHAS 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.

Akhir kata, semoga hasil penelitian dan skripsi ini bermanfaat kepada mahasiswa perkapalan secara umum dan utamanya kepada penulis secara khusus dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan serta wawasan dalam ilmu Teknik Perkapalan.

Gowa, 2 Februari 2021

A handwritten signature in dark ink, consisting of a large, stylized 'F' followed by a horizontal line and a small flourish.

FADHIL JAVIER FANNA
NIM. D33115505

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR SIMBOL	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
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. Sistematika Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
II.1. Energi air	5
II.2. Potensi Energi Air	6
II.2.1. Energi Pasang Surut (Tidal)	9
II.2.1.1. Dinding Pasang Surut (Tidal Barrage)	10
II.2.1.2. Generator Arus Pasang Surut (Tidal Stream)	11
II.3. Teknologi Turbin Arus	12
II.3.1. Turbin Arus Poros Terayun (Tilted Marine Current Turbine).....	14

II.3.2. Power Take-Off Turbin Arus Poros Terayun	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
III.1. Tempat dan Waktu Penelitian	18
III.1.1. Tempat dan Lokasi Penelitian	18
III.1.2. Waktu Pengambilan Data Penelitian	18
III.2. Teknik dan Metode Pengambilan Data Penelitian	18
III.3. Alat, Bahan, dan Komponen Penelitian	21
III.4. Tahapan Penelitian	25
III.5. Kerangka Pikir	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
IV.1. PTO Posisi Tegak	27
IV.2. PTO Dengan Sudut Kemiringan	29
IV.3. Simulasi Sudut PTO Secara Dinamis	31
IV.3.1. Kasus 1 Putaran 100 RPM	31
IV.3.2..Kasus 2 Putaran 150 RPM	33
IV.3.3..Kasus 3 Putaran 200 RPM	34
IV.3.4..Kasus 4 Putaran 250 RPM	36
IV.3.5..Kasus 5 Putaran 300 RPM	37
IV.4. Analisa Efisiensi Tegangan	39
BAB V PENUTUP.....	42
V.1. Kesimpulan	42
V.2. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA.....	43

LAMPIRAN.....

Lampiran I.	Tabel Data Hasil Pengukuran
Lampiran II.	Perakitan Power Take-Off
Lampiran III.	Proses Persiapan Pengambilan Data
Lampiran IV.	Proses Pengambilan Data

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Spesifikasi Power Take-Off turbin arus poros terayun.....	18
Tabel 3.2. Daftar alat, bahan, komponen penelitian	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Gambar turbin arus Open Hydro	13
Gambar 2.2. Gambar turbin arus Seagen	14
Gambar 2.3. Gambar turbin arus terayun	15
Gambar 2.4. Gambar turbin arus terayun dengan power take-off	16
Gambar 3.1. Tampak samping Power Take-off	19
Gambar 3.2. Tampak atas Power Take-off	19
Gambar 3.3. Sketsa prototipe Power take-Off turbin arus poros terayun	20
Gambar 3.4. Prototipe Power take-Off turbin arus poros terayun	20
Gambar 3.5. Diagram kerangka pemikiran	26
Gambar 4.1. Perbandingan RPM dengan tegangan PTO dan tanpa PTO	27
Gambar 4.2. Perbandingan RPM dengan tegangan PTO tanpa sudut, sudut 15° dan sudut 30°	29
Gambar 4.3. Perbandingan waktu dengan sudut kemiringan kasus 1	31
Gambar 4.4. Perbandingan waktu dengan tegangan kasus 1	32
Gambar 4.5. Perbandingan waktu dengan sudut kemiringan kasus 2	33
Gambar 4.6. Perbandingan waktu dengan tegangan kasus 2	33
Gambar 4.7. Perbandingan waktu dengan sudut kemiringan kasus 3	34
Gambar 4.8. Perbandingan waktu dengan tegangan kasus 3	35
Gambar 4.9. Perbandingan waktu dengan sudut kemiringan kasus 4	36
Gambar 4.10. Perbandingan waktu dengan tegangan kasus 4	37
Gambar 4.11. Perbandingan waktu dengan sudut kemiringan kasus 5	38

Gambar 4.12. Perbandingan waktu dengan tegangan kasus 5	38
Gambar 4.13. Efisiensi tegangan	39

DAFTAR SIMBOL

E_p	Energi potensial (Joule)
m	Massa air (kg)
g	Percepatan gravitasi (m/s^2)
h	Ketinggian (m)
P	daya (watt)
η	Efisiensi
Q	Kapasitas aliran $\left(\frac{m^3}{s}\right)$
ρ	Densitas air $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$
E_k	Energi kinetis (joule)
v	Kecepatan aliran air $\left(\frac{m}{s}\right)$
A	Luas penampang (m^2)
V_1	Tegangan generator dengan PTO (V)
V_2	Tegangan generator tanpa PTO (V)

ABSTRAK. Energi merupakan kebutuhan dasar manusia yang terus meningkat sejalan dengan berkembangnya teknologi dan industri. Salah satu energi yang sangat besar manfaatnya adalah energi listrik. Meningkatnya kebutuhan energi listrik, menyebabkan penyediaan sumber energi listrik yang umumnya berasal dari minyak bumi, fosil, batu bara, dan gas bumi semakin terbatas. Pemanfaatan sumber energi listrik terbarukan yang efisien dan ramah lingkungan perlu dikembangkan mengingat peran dan harga bahan bakar fosil terus meningkat dan melambung tinggi sebagai pengganti energi yang berkesinambungan. Salah satu energi terbarukan yang berlimpah dan dapat dimanfaatkan adalah energi arus bawah laut. Arus laut mempunyai densitas yang jauh lebih besar dibandingkan dengan energi angin sehingga dengan kapasitas dan dimensi yang sama pada turbin arus akan jauh lebih efisien dibandingkan turbin angin. Energi listrik yang dihasilkan turbin arus adalah dengan memanfaatkan arus bawah laut sehingga dapat memutar poros menjadi energi kinetik yang kemudian akan dikonversi menjadi energi listrik. Perancangan Power Take-Off dibutuhkan untuk mengkonversi energi kinetik menjadi listrik dengan efisien. Dari hasil rancangan Power Take-Off menghasilkan efisiensi tegangan listrik cukup optimal, akan tetapi efisiensi tegangan listrik menurun pada saat poros turbin mengalami kemiringan sudut. Efisiensi optimal pada saat poros turbin dalam posisi tegak tanpa mengalami kemiringan sudut. Perancangan Power Take-Off dibutuhkan rancangan yang lebih baik agar mendapatkan efisiensi yang optimal.

Kata kunci: (Energi listrik, Energi Terbarukan, Energi Arus Bawah Laut, Power Take-Off, Efisiensi)

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Energi merupakan kebutuhan dasar manusia yang terus meningkat sejalan dengan berkembangnya teknologi dan industri. Salah satu energi yang sangat besar manfaatnya adalah energi listrik. Energi listrik pada umumnya menggunakan bahan bakar fosil dan batu bara sebagai bahan bakar. Bahan bakar fosil dan batu-bara merupakan sumber energi yang umum digunakan saat ini yang bersifat tak terbarukan (Non renewable energy sources) dan dapat berdampak merusak lingkungan.

Meningkatnya kebutuhan energi listrik, menyebabkan penyediaan sumber energi listrik yang umumnya berasal dari minyak bumi, fosil, batu bara, dan gas bumi yang digunakan sebagai sumber bahan bakar energi listrik akan menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang terbatas dan suatu saat akan habis dan harganya akan selalu meningkat.

Pemanfaatan sumber energi listrik terbarukan yang efisien dan ramah lingkungan perlu dikembangkan mengingat peran dan harga bahan bakar fosil terus meningkat dan melambung tinggi sebagai pengganti energi yang berkesinambungan.

Sebagai negara kepulauan dengan potensi sumber energi terbarukan yang besar (energi arus laut/sungai, energi ombak, energi pasang surut permukaan) dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik terbarukan.

Salah satu energi terbarukan yang berlimpah dan dapat dimanfaatkan adalah energi arus laut atau sungai. Selain sumber energi tersebut tersedia melimpah,

keuntungan dari penggunaan energi arus lainnya adalah ramah lingkungan dan mempunyai densitas yang jauh lebih besar dibandingkan dengan energi angin, sehingga dengan kapasitas dan dimensi yang sama pada turbin arus akan jauh lebih efisien dibandingkan turbin angin.

Turbin arus memiliki potensi energi yang sangat besar, akan tetapi masih sangat jarang digunakan sebagai pembangkit listrik. Energi listrik yang dihasilkan turbin arus adalah dengan memanfaatkan arus bawah laut sehingga dapat memutar poros menjadi energi kinetik yang kemudian akan dikonversi menjadi energi listrik. Perancangan Power Take-Off dibutuhkan untuk mengkonversi energi kinetik menjadi listrik dengan efisien. Dengan demikian penulis dapat mendasari suatu penelitian terhadap topik turbin arus kedalam skripsi dengan judul “Perancangan Power Take-Off Turbin Arus Poros Terayun”.

I.2. Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan latar belakang permasalahan di atas maka pokok permasalahannya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan merakit Power Take-Off untuk turbin arus poros terayun ?
2. Bagaimana pengaruh sudut poros Power Take-Off terhadap tegangan listrik yang dapat dihasilkan ?

I.3. Batasan Masalah

Untuk memperjelas ruang lingkup penelitian maka diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Merancang Power Take-Off.

2. Sudut kemiringan yang diberikan hanya sampai dengan kemiringan sudut 30°
3. Penelitian menggunakan poros yang diberikan kecepatan putaran yang telah ditentukan.
4. Alat yang digunakan untuk mengukur tegangan listrik adalah dengan menggunakan multimeter.

I.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh kecepatan poros turbin arus poros terayun terhadap tegangan listrik yang dihasilkan.
2. Mengetahui pengaruh sudut poros turbin arus poros terayun terhadap tegangan listrik yang dihasilkan.

I.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui cara mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik dengan memanfaatkan energi arus.
2. Memberikan inovasi energi terbarukan turbin arus terayun.
3. Memberikan informasi masyarakat tentang pemanfaatan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan.

I.6. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisi tentang teori-teori dasar yang menunjang dan akan digunakan dalam pembahasan skripsi ini terutama yang berisi teori dan rumus-rumus turbin arus terapung.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan di jelaskan waktu dan lokasi penelitian, tahapan atau prosedur penelitian alat yang digunakan serta kerangka pikir.

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang didapatkan dan membahas hasil dari penelitian tersebut.

BAB V PENUTUP

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

BAB II

LANDASAN TEORI

II.1. Energi Air

Laut memiliki potensi yang sangat besar sebagai sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan. Dengan meningkatnya jumlah populasi maka menjadi faktor meningkatnya konsumsi energi. Sumber energi konvensional akan semakin berkurang dan akan semakin mahal seiring dengan meningkatnya kebutuhan dasar energi. Solusi yang dibutuhkan adalah dengan memanfaatkan potensi laut yang sangat luas sebagai sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan. (Yuli Setyo Indartono, 2006)

Energi laut adalah salah satu sumber energi terbarukan. Energi tersebut dibagi menjadi 4 kategori dengan dua kategori utama: Energi Gelombang Laut dan Energi Pasang Surut. Energi laut merupakan energi yang dihasilkan dari samudera dan laut, dan tentu saja merupakan sumber energi terbarukan karena metode dan teknologi yang digunakan untuk menangkap tenaga gelombang dan pasang surut tidak menghasilkan emisi CO₂. Saat ini ada 3 jenis atau subkategori energi laut yaitu :

- Energi Gelombang Laut (Wave Energy): berasal dari energi kinetik angin yang menyebabkan terjadinya gelombang lautan.
- Energi Pasang Surut: (Tidal) berasal dari pasang surut yang disebabkan oleh gaya gravitasi dari matahari dan bulan.
- Konversi energi termal lautan (OTEC): berasal dari perbedaan suhu antara permukaan dan dasar lautan.

II.2. Potensi Energi Air

Air merupakan 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. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air di sungai ataupun di laut. Sejak awal abad 18 kincir air banyak dimanfaatkan sebagai penggerak penggilingan gandum, penggergajian kayu dan mesin tekstil. (M. M Dandekar dan K. N Sharma, 1991)

Dari segi teknologi energi air dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dioperasikan, serta mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang. Secara ekonomi, biaya operasi dan perawatannya murah, tenaga air yang digunakan dapat berupa aliran air pada sungai atau laut serta aliran air pada sistem irigasi.

Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi. PLTA termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan. (Kadir, Abdul, 1995)

Prinsip kerja PLTA yang paling utama adalah memanfaatkan semaksimal mungkin energi air yang dapat ditangkap oleh peralatan utamanya yang disebut turbin/kincir air. Efisiensi turbin air yang dipilih untuk menangkap energi air tersebut menentukan besarnya energi mekanik atau energi poros guna memutar generator listrik. (M. M Dandekar dan K. N Sharma, 1991)

Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head dan debit air. Dalam hubungan dengan reservoir air maka head adalah beda ketinggian antara muka air pada reservoir dengan muka air keluar dari kincir air/turbin air. Total energi yang tersedia dari suatu reservoir air adalah merupakan energi potensial air yaitu :

$$E_p = mgh \quad (2.1)$$

Dimana :

E_p adalah energi potensial (Joule)

m adalah massa air (kg)

h adalah head (m)

g adalah percepatan gravitasi (m/s^2)

Daya merupakan energi tiap satuan waktu $\left(\frac{E}{t}\right)$, sehingga persamaan (2.1) dapat dinyatakan sebagai :

$$\frac{E}{t} = \frac{m}{t} gh \quad (2.2)$$

Dengan mensubstitusikan P terhadap $\left(\frac{E}{t}\right)$ dan mensubstitusikan pQ terhadap

$\left(\frac{m}{t}\right)$ maka :

$$P = \eta p Q g h \quad (2.3)$$

Dimana :

P adalah daya (watt)

η adalah efisiensi hidrolic turbin

Q adalah kapasitas aliran $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

ρ adalah densitas air $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

Selain memanfaatkan air jatuh hydropower dapat diperoleh dari aliran air rata.

Dalam hal ini energi yang tersedia merupakan energi kinetic

$$E_K = \frac{1}{2} mv^2 \quad (2.4)$$

Dimana :

E_K adalah energi kinetis air (Joule)

v adalah kecepatan aliran air $\left(\frac{m}{s}\right)$

Daya air yang tersedia dinyatakan sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{2} \rho Qv^2 \quad (2.5)$$

atau menggunakan persamaan kontinuitas $Q = Av$ maka

$$P = \frac{1}{2} \rho Av^3 \quad (2.6)$$

Dimana :

A adalah luas penampang aliran air (m^2).

ρ adalah densitas air $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

v adalah kecepatan aliran air $\left(\frac{m}{s}\right)$

II.2.1 Energi Pasang surut (Tidal)

Pasang surut air laut terjadi karena interaksi dari gaya gravitasi bumi, matahari dan bulan. Pasang surut air laut dapat diprediksi secara 98% akurat untuk beberapa dekade mendatang. Ada tiga sumber gaya yang saling berinteraksi: laut, Matahari, dan Bulan. Pasang laut menyebabkan perubahan kedalaman perairan dan mengakibatkan arus pusaran yang dikenal sebagai arus pasang. Pasang surut laut dan arus laut tidaklah sama, Pasang surut merupakan kenaikan dan penurunan air secara vertikal dan arus laut adalah aliran horizontal. (H. Akimoto, K. Tanaka, Jong-Chun Park, 2012)

Pasang surut laut mempunyai 3 jenis pasang yaitu diurnal, semidiurnal dan mixed. Energi pasang surut termasuk salah satu teknologi baru yang berkembang, yang belum dikomersialkan dan dalam tahap penelitian dan pengembangan. Energi pasang surut merupakan sumber energi yang memiliki keuntungan karena tidak rentan terhadap perubahan iklim dibandingkan dengan sumber energi lain yang rentan terhadap perubahan iklim.

Terdapat 2 cara untuk menghasilkan energi listrik dari energi pasang surut yaitu dengan membangun dinding pasang surut sepanjang pesisir atau dengan memanfaatkan arus bawah laut. Kekurangan utama dari membangun dinding pasang surut adalah dapat merubah sistem hidrologi dan mungkin dapat merusak ekosistem lingkungan sekitar. Dalam beberapa dekade terakhir pengembang teknologi pasang surut telah beralih untuk lebih mengembangkan teknologi turbin arus bawah laut untuk dapat memanfaatkan energi kinetik dengan menggunakan turbin yang

digerakkan oleh arus bawah laut. Teknologi turbin arus hingga saat ini tercatat dapat menghasilkan daya hingga 75 GW di dunia dan 11 GW di Eropa.

Fakta terbaru saat ini turbin arus poros vertikal dan horizontal sedang dikembangkan di seluruh dunia beberapa tahun terakhir. Mayoritas dari turbin arus adalah turbin arus poros horizontal dengan putaran parallel mengikuti arah arus. Kekurangan utama dari turbin arus poros vertikal adalah relatif kurang dalam kemampuan pada self-starting, fluktuasi torsi yang tinggi dan efisiensi yang rendah dibandingkan dengan rancangan turbin arus poros horizontal. Saat ini hanya turbin arus poros horizontal yang memiliki teknologi lebih berkembang dan lebih ekonomis untuk Turbin arus skala besar dengan kapasitas daya mencapai 500 kW. (H. Akimoto, K. Tanaka, Jong-Chun Park, 2012)

Metode dalam memanfaatkan energi pasang surut laut ada 2 yaitu :

II.2.1.1 Dinding pasang Surut (Tidal Barrage)

Dinding pasang surut umumnya dibangun melintasi muara air. Dinding pasang surut memiliki pintu air yang memungkinkan aliran air masuk dan keluar. Air mengalir ke dalam selama air pasang dan air ditampung dengan menutup bagian gerbang pada saat air turun (low tide). Gerbang barrage dikendalikan dengan mengetahui jarak pasang surut di lokasi dan dioperasikan sesuai dengan siklus pasang surut air laut. Turbin terletak pada gerbang air yang akan menghasilkan energi listrik pada saat gerbang dibuka selama air pasang turun (low tide). Metode ini memiliki teori dengan efisiensi yang tinggi, hanya satu dinding pasang surut skala yang besar yang dibangun tepatnya di Perancis, La Rance. (Zibhin Zhou,

Franck Scuiller, Jean-Frederic Charpentier, Mohamed, Benbouzid, Tianhao Tang, 2014)

Energi yang dihasilkan oleh dinding pasang surut tergantung oleh volume dari air. Energi potensial yang terdapat dalam volume air dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$E = \frac{1}{2} A \rho g h^2 \quad (2.7)$$

Dimana :

A adalah area horizontal dinding basin (m^2)

h adalah jarak vertikal pasang surut (m)

ρ adalah densitas dari air ($\frac{kg}{m^3}$)

g adalah percepatan gravitasi (m/s^2)

II.2.1.2 Generator Arus Pasang Surut (Tidal Stream)

Pada awal tahun 1990 energi pasang surut laut hanya fokus dalam memanfaatkan aliran pasang surut dan menghasilkan energi dari energi potensial dibandingkan dengan memanfaatkan arus pasang surut. Teknologi Energi arus bawah laut telah berkembang secara komersial beberapa dekade terakhir. (Zibhin Zhou, Franck Scuiller, Jean-Frederic Charpentier, Mohamed, Benbouzid, Tianhao Tang, 2014)

Rancangan dari beberapa turbin memiliki efisiensi yang berbeda maka daya yang dihasilkan berbeda. Jika efisiensi turbin “ η ” maka dapat dihitung daya yang dapat dihasilkan.

Energi yang dapat dihasilkan dari sistem energi kinetik dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P = \frac{\mu \rho A V^3}{2} \quad (2.8)$$

Dimana :

μ adalah efisiensi turbin

P adalah daya yang dihasilkan (watt)

ρ adalah densitas air $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

A adalah luas penampang aliran air turbin (m^2)

V adalah kecepatan aliran air $\left(\frac{m}{s}\right)$

Analisa efisiensi tegangan yang dihasilkan pada turbin arus untuk mengetahui efisiensi antara teori dengan perancangan alat dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\mu = \frac{V1}{V2} \times 100 \% \quad (2.9)$$

dimana :

μ = Efisiensi PTO

V1 = Tegangan generator dengan PTO (V)

V2 = Tegangan generator tanpa PTO (V)

II.3. Teknologi Turbin Arus

Turbin arus bawah laut merupakan suatu rancangan untuk memanfaatkan energy hidrokinetik dari arus pasang surut air laut. Dikarenakan tingginya densitas energi dari arus laut dan daya output yang dapat diprediksi. Turbin arus bawah laut adalah salah satu kandidat dalam sumber energi terbarukan yang dapat dikomersialkan. (D. Todd Griffith, M. Barone, J. Paquette, B. Owens, D. Bull, C. Simao-Ferreira, A. Goupee, and M. Fowler, 2018)

Fakta terbaru saat ini turbin arus poros vertikal dan horizontal sedang dikembangkan di seluruh dunia beberapa tahun terakhir. Mayoritas dari turbin arus adalah turbin arus poros horizontal dengan putaran parallel mengikuti arah arus. Kekurangan utama dari turbin arus poros vertikal adalah relatif kurang dalam kemampuan pada self-starting, fluktuasi torsi yang tinggi dan efisiensi yang rendah dibandingkan dengan rancangan turbin arus poros horizontal. Saat ini hanya turbin arus poros horizontal yang memiliki teknologi lebih berkembang dan lebih ekonomis untuk Turbin arus skala besar dengan kapasitas daya mencapai 500 kW. (C A Douglas, G P Harrison, J P Chick, 2007)

Saat ini biaya yang dibutuhkan untuk energi dari turbin arus bawah laut sangatlah tinggi dibandingkan dengan pemanfaatan energi surya dan energi angin lepas pantai. Beberapa faktor yang menjadi penyebab biaya yang tinggi adalah tingginya biaya mekanisme listrik bawah air, mahalnya struktur penahan turbin dari kuatnya gaya hidrodinamik dan sulitnya pemeliharaan alat dibawah laut.



Gambar 2.1. Gambar turbin arus Open Hydro

Beberapa konsep rancangan turbin arus laut sedang dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut terutama dalam mengurangi biaya perawatan. Konsep rancangan turbin arus pertama Seagen. Seagen menggunakan 2 turbin axial-flow (turbin axis horizontal) yang dipasang pada menara di laut dengan mekanisme elevator. Konsep kedua adalah Opendhydro yang dapat dipasang di dasar laut. Ide dasar dari rancangan tersebut adalah dengan memanfaatkan air laut sebagai pelumas untuk rim-drive turbin. Akan tetapi kedua konsep tersebut masih belum dapat menyelesaikan masalah biaya tinggi pada kelistrikan bawah laut. (*H Akimoto, K Iijima, Y Hara, 2016*)



Gambar 2.2. Gambar turbin arus Seagen

Akses perawatan komponen yang mudah di bawah laut sangatlah penting di wilayah perairan tropis mengingat tingginya tingkat biofouling. Biaya perawatan

akan semakin mahal bila akses perawatan turbin sulit dikarenakan tingginya level keandalan dari sistem. (C A Douglas, G P Harrison, J P Chick. 2007)

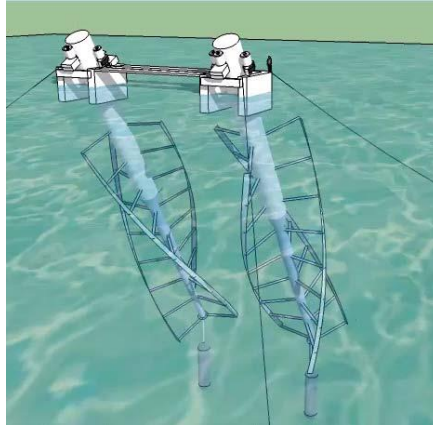
Untuk mengatasi masalah tersebut maka dibuat konsep turbin arus poros terayun. Konsep rancangan turbin arus poros terayun dapat mengurangi struktur pendukung dan dapat memberikan akses perawatan yang mudah pada rotor bawah laut. Namun kekurangan dari rancangan turbin arus poros terayun adalah berkurangnya efisiensi turbin dikarenakan kemiringan posisi poros turbin. (D. Todd Griffith, M. Barone, J. Paquette, B. Owens, D. Bull, C. Simao-Ferriera, A. Goupee, and M. Fowler, 2018)

II.3.1 Turbin Arus Poros Terayun (Tilted Marine Current Turbine)

Turbin arus poros terayun adalah turbin yang dapat mengikuti gerak aliran arus dengan bagian struktur atas poros yang dapat disesuaikan. Sudut kemiringan turbin dapat mengikuti kemiringan dari kecepatan arus. Kelebihan dari rancangan turbin arus poros terayun yaitu :

1. Beban lentur pada poros turbin rendah dikarenakan posisi poros yang tidak tetap.
2. Kelistrikan dipasang di atas air dan mudah diakses
3. Poros inlet pada unit power take-off (termasuk didalamnya generator dan roda gigi) bebas dari momen lentur.
4. Mekanisme poros terayun dapat memberikan kemudahan akses perawatan ke rotor dipermukaan.

Kelebihan tersebut dapat mengurangi berat dari struktur dan biaya perawatan turbin.



Gambar 2.3. Gambar turbin arus terayun

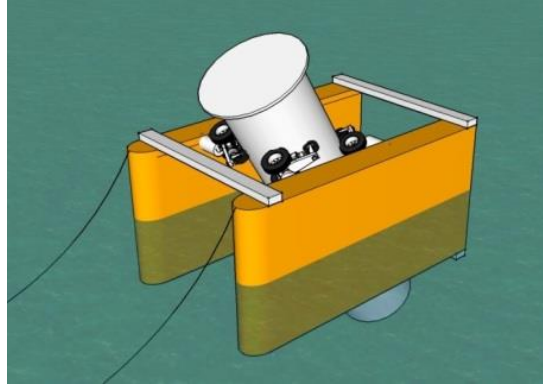
Untuk penerapan turbin arus dengan skala besar dapat menggunakan tipe sistem poros terapung. Turbin pada rancangan ini dirancang mengapung dengan bagian struktur diatas air yang rendah. Pergerakan dari poros turbin ditahan oleh spar dibagian permukaan air dan pemberat pada bagian dasar poros di dalam air. (Amélie Têtu, 2017)

II.3.2 Power Take-Off Turbin Arus Poros Terayun

Power Take-Off pada dasarnya adalah suatu metode untuk menyalurkan daya mekanik dari suatu mesin ke peralatan lainnya. Pada turbin arus poros terayun Power Take-Off digunakan untuk menyalurkan gaya mekanik dari putaran poros turbin ke generator untuk menghasilkan gaya listrik. (Amélie Têtu, 2017)

Sistem pada PTO bukan hanya berpengaruh terhadap efisiensi untuk menghasilkan daya listrik akan tetapi berpehngaruh besar terhadap berat, dan ukuran dari struktur dinamik dari turbin arus. Dengan adanya pengaruh langsung terhadap turbin arus, sistem PTO juga memiliki dampak langsung terhadap biaya energi listrik yang dihasilkan.

Perancangan Power Take-Off (PTO) pada poros yang berputar adalah menggunakan roda yang akan menyalurkan gaya mekanik ke generator.



Gambar 2.4. Gambar turbin arus poros terayun dengan power take-off

Power Take-Off (PTO) dipasang pada sistem pendukung yang dapat mengapung. Sistem pendukung berada pada bagian atas poros yang mengapung, sistem pendukung mengapung menggunakan mooring untuk mencegah Bergeraknya sistem pendukung poros. Prinsip kerja dari Power Take-Off tersebut adalah sama dengan prinsip pengereman pada mobil listrik yang dapat merubah energi kinetik menjadi energi listrik. (Amélie Têtu, 2017)

Konsep Power Take-off pada turbin arus poros terayun memungkinkan pitching dan gerakan heaving pada rotor untuk mengurangi berat dari struktur. Kelebihan lainnya dari PTO tersebut adalah dapat mengurangi biaya konstruksi dikarenakan tidak membutuhkan struktur yang lebih banyak dibandingkan dengan turbin arus konvensional.