

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI PANJANG PENGARAH ALIRAN MASUK
TERHADAP KINERJA PEMBANGKIT HIDROKINETIK**

Disusun dan Diajukan Oleh :

Jerry Agus Salim

D021 18 1303



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI PANJANG PENGARAH ALIRAN MASUK
TERHADAP KINERJA PEMBANGKIT HIDROKINETIK**

Disusun Dan Diajukan Oleh:

JERRY AGUS SALIM

D021181303

**Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin
pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan Mengikuti Ujian Akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin pada Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

JUDUL:

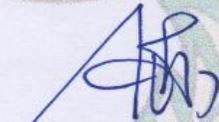
**PENGARUH VARIASI PANJANG PENGARAH ALIRAN MASUK
TERHADAP KINERJA PEMBANGKIT HIDROKINETIK**

JERRY AGUS SALIM**D021181303**

Gowa, 30 September 2023

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I



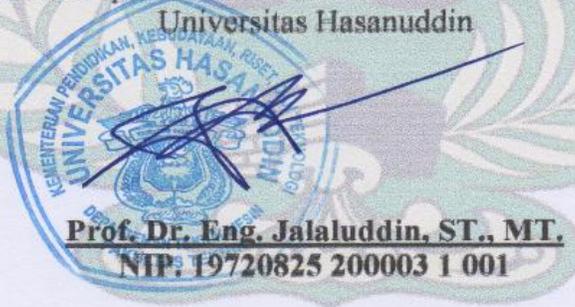
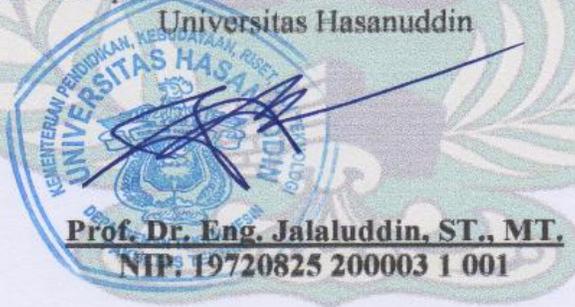
Prof. Dr-Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME
NIP. 19600302 198609 1 001

Dosen Pembimbing II



Prof. Dr. Ir. Zuryati Djafar, MT
NIP. 19680301 199702 2 001

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT.
NIP. 19720825 200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Jerry Agus Salim

NIM : D021 18 1303

Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Panjang Pengarah Aliran Masuk Terhadap Kinerja Pembangkit Hidrokinetik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini merupakan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan – bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Hasanuddin atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Gowa, 30 September 2023

Yang membuat pernyataan,



Jerry Agus Salim

ABSTRAK

Sesuai dengan namanya, salah satu bentuk pemanfaatan *hydropower* adalah penggunaan turbin hidrokinetik yang dapat memanfaatkan energi potensial dan mekanik dari aliran air untuk menggerakkan turbin yang kemudian menggerakkan generator sehingga menjadi energi listrik. Sehubungan dengan solusi tersebut, penulis memilih untuk meneliti alat hidrokinetik khususnya pada variasi panjang pengarah aliran masuk yang diharapkan dapat menjadi landasan untuk penelitian lebih lanjut sehingga energi fosil dapat kita tinggalkan serta menciptakan bumi yang lebih bersih untuk generasi yang akan datang.

Kata Kunci : turbin air, turbin hidrokinetik, energi terbarukan, pengarah aliran masuk

ABSTRACT

As the way it's called, one way to utilize hydropower is the use of hydrokinetic turbine that can extract potential and mechanical energy from a stream of water to move the turbine which connected to a generator to provide electricity. Under that circumstances, the writer decides to do a research on hydrokinetic turbines, especially on the length variation of inlet of a hydrokinetic turbines which can provide a base knowledge for a further research so that we can leave fossil energy and thus creating a cleaner earth for the generations to come.

Keywords : water turbine, hydrokinetic turbine, renewable energy, inlet flow duct

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “PENGARUH VARIASI PANJANG PENGARAH ALIRAN MASUK TERHADAP KINERJA PEMBANGKIT HIDROKINETIK” yang mana merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Selama proses pengerjaan skripsi ini penulis menerima begitu banyak bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu peneliti ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kepada kedua orang tua saya tercinta, Bapak Steven David Herliem dan Ibu Lily yang selalu mendampingi, memberi semangat dan mendoakan setiap langkah dan proses penulis dalam menyelesaikan studi.
2. Kakak saya, Justin Herliem yang selalu menjadi *support system* selama penyusunan skripsi ini berlangsung.
3. Mendiang oma saya, Ceni Djunaedi yang sudah memberikan kasih sayang yang luar biasa selama hidupnya.
4. Bapak Prof. Dr. Eng. Jalaluddin ST., MT selaku ketua Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta seluruh staff Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuan dan kemudahan yang diberikan.
5. Bapak Prof. Dr-Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME selaku pembimbing I Tugas Akhir, yang telah memberikan waktu, arahan, dan saran selama proses pengerjaan skripsi.
6. Ibu Prof. Dr. Ir. Zuryati Djafar, MT selaku pembimbing II Tugas Akhir, yang telah memberikan waktu, arahan, dan saran selama proses pengerjaan skripsi.
7. Bapak Ir. Andi Mangkau, MT. selaku penguji yang telah memberikan saran-saran selama proses pengerjaan skripsi.
8. Bapak Asriadi Sakka, ST., M.Eng. selaku penguji yang telah memberikan saran-saran selama proses pengerjaan skripsi.
9. Segenap Dosen Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

10. Saudara-saudara seperjuangan REACTOR 2018 yang sudah menjadi tim hore dan tim *support*.
11. Keluarga Mahasiswa Katolik Teknik Universitas Hasanuddin (KMKT-UH) yang menjadi tempat belajar dan berkarya selama masa-masa perkuliahan. Terkhusus teman-teman RISE UP 2018 yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan, yang selalu ada dalam suka maupun duka.
12. Terakhir, penulis hendak menyapa setiap nama yang tidak dapat penulis cantumkan satu per satu, terimakasih atas doa yang senantiasa mengalir tanpa sepengetahuan penulis. Terima kasih sebanyak-banyaknya kepada orang-orang yang turut bersukacita atas keberhasilan penulis menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna walaupun telah menerima bantuan dari berbagai pihak. Apabila terdapat kesalahan-kesalahan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis dan bukan para pemberi bantuan. Kritik dan saran yang membangun akan lebih menyempurnakan skripsi ini.

Gowa, September 2023

Penulis

DAFTAR ISI

Sampul	i
Lembar Pengesahan	iii
Pernyataan Keaslian	iv
Abstrak	v
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Tabel	xii
Daftar Grafik	xiii
Daftar Lampiran	xiv
Bab I Pendahuluan.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian	2
I.4 Batasan Masalah	3
I.5 Manfaat Penelitian	3
Bab II Tinjauan Pustaka.....	4
II.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).....	4
II.2 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)	4
II.3 Turbin Hidrokinetik	5
II.4 Sudu Turbin	5
II.5 Mikro Turbin.....	6
II.6 Turbin Aliran Tanpa Poros	7
II.7 <i>Betz Limit</i>	8
II.8 <i>Inlet Duct</i>	8
II.9 Kapasitas Daya	9
II.10 Konversi Energi Angin.....	10

II.11 <i>Tip Speed Ratio</i>	10
Bab III Metodologi Penelitian.....	12
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	12
III.2 Alat dan Bahan.....	12
III.3 Metode Penelitian	13
III.4 Skema Rancangan Instalasi dan Sistem Pengukuran.....	14
III.5 Metode Pengambilan Data.....	15
Bab IV Hasil dan Pembahasan.....	17
IV.1 Gambar dan Ukuran Spesimen	18
IV.2 Data Pengamatan.....	19
IV.3 Analisa dan Perhitungan	20
IV.4 Data Hasil Perhitungan	23
IV.5 Grafik dan Pembahasan	25
Bab V Penutup	30
V.1 Kesimpulan.....	30
V.2 Saran	30
Daftar Pustaka	31
Lampiran	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Contoh Rancangan Sistem PLTA	4
Gambar 2. Ilustrasi Mikrohidro dengan Head	4
Gambar 3. Diffuser Turbin.....	5
Gambar 4. Sudu Turbin.....	6
Gambar 5. Mikro Turbin.....	7
Gambar 6.(a). Produksi Entropi pada Disipasi Kekentalan	8
Gambar 6.(b). Produksi Entropi pada Disipasi Turbulensi.....	8
Gambar 7. <i>Inlet Duct</i>	9
Gambar 8. Pengarah Aliran Masuk Turbin Hidrokinetik	13
Gambar 9. Skema Alur Pengambilan Data	14
Gambar 10. Gambar dan Ukuran Spesimen	18
Gambar 11. Proses Pengambilan Data.....	34
Gambar 12. Tampak Atas Turbin Aktual.....	35
Gambar 13. Tampak Samping Pengarah Aliran Masuk	36

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan Data Optimal dan Eksperimental	6
Tabel 2. Data Pengamatan Inlet D	19
Tabel 3. Data Pengamatan Inlet E.....	19
Tabel 4. Data Pengamatan Inlet F.....	20
Tabel 5. Data Perhitungan Inlet D	23
Tabel 6. Data Perhitungan Inlet E.....	24
Tabel 7. Data Perhitungan Inlet F	24

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1. Hubungan Kecepatan dan Daya Air	25
Grafik 2. Hubungan Kecepatan dan Daya Turbin.....	26
Grafik 3. Hubungan Kecepatan dan C_p	27
Grafik 4. Hubungan Kecepatan dan Putaran (RPM).....	28
Grafik 5. Hubungan Kecepatan dan <i>Pressure Drop</i>	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Gambar Teknik	33
Lampiran B. Dokumentasi Pengambilan Data dan Penelitian	34

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Penggunaan energi terjadi dimana-mana, baik yang kita sadari atau yang kita tidak sadari dan terjadi begitu saja. Contoh sederhana yang dapat kita ambil dalam penggunaan energi secara sadar adalah penggunaan bahan bakar yang umumnya berupa bahan bakar fosil pada kendaraan bermotor yang sangat kita andalkan agar memudahkan makhluk hidup maupun barang untuk berpindah-pindah dengan cepat sedangkan contoh penggunaan energi sederhana yang seringkali kita tidak sadari adalah beraktivitas, bekerja, dan belajar. Sebagian besar atau bahkan semua pekerjaan dan aktivitas kita melibatkan penggunaan energi di dalamnya. Oleh sebab itu, energi merupakan sesuatu yang harus dijaga cadangan dan keberlangsungannya, sehingga manusia tetap dapat menggunakan energi dalam memudahkan segala aktivitas dan kegiatan yang sedang dikerjakan.

Penggunaan energi fosil yang saat ini diandalkan oleh sebagian besar penduduk dunia tidak akan berlangsung selamanya, bahkan akan habis dalam waktu dekat ini. Oleh karena itu, para ilmuwan dan peneliti sedang gencar-gencarnya mencari cara agar penggunaan energi fosil dapat dialihkan ke energi terbarukan sebagian atau bahkan seluruhnya. Energi terbarukan adalah energi yang tidak akan habis serta ramah lingkungan, sehingga penggunaannya dapat dimanfaatkan lebih lama atau bahkan selamanya, energi terbarukan sendiri sudah mulai menggantikan sebagian kecil dari penggunaan energi fosil saat ini. Pengambilan data ini dilakukan di Sungai Manggar menggunakan tarikan kapal sebagai simulasi aliran bebas arus air yang akan terjadi pada turbin ketika diaplikasikan pada sungai yang lebih besar dan deras.

Kondisi alam Indonesia yang terdiri dari banyak pulau, gunung, lembah, sungai. Serta curah hujan yang tinggi menyebabkan Indonesia mempunyai potensi tenaga air yang besar (75.000 MW), sedangkan yang sudah dimanfaatkan masih relatif kecil, (± 2300 MW), maka tepatlah jika Pemerintah saat ini penggalakan

pengembangan PLTA. PLTA adalah Pusat Pembangkit Listrik yang mengubah potensi tenaga air menjadi tenaga listrik [1].

Menurut Handayani dan Ariyanti [2], penurunan cadangan minyak dan gas dunia serta pertumbuhan yang pesat dalam penggunaan energi konvensional memaksa kita untuk mencari sumber-sumber energi terbarukan, seperti energi surya, angin, biomassa dan *hydropower* untuk membentuk pertumbuhan ekonomi di masa yang akan datang.

Sesuai dengan namanya, salah satu bentuk pemanfaatan *hydropower* adalah penggunaan turbin hidrokinetik yang dapat memanfaatkan energi potensial dan mekanik dari aliran air untuk menggerakkan turbin yang kemudian menggerakkan generator sehingga menjadi energi listrik. Sehubungan dengan solusi tersebut, penulis memilih untuk meneliti alat hidrokinetik khususnya pada variasi panjang pengarah aliran masuk yang diharapkan dapat menjadi landasan untuk penelitian lebih lanjut sehingga energi fosil dapat kita tinggalkan serta menciptakan bumi yang lebih bersih untuk generasi yang akan datang.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, terdapat beberapa masalah yang dapat dirumuskan pada kegiatan ini, yaitu :

1. Bagaimana pengaruh panjang pengarah aliran masuk terhadap koefisien daya dan daya yang dapat dibangkitkan turbin hidrokinetik (THK)?
2. Bagaimana pengaruh panjang pengarah aliran masuk terhadap putaran dari rotor THK?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Menganalisis pengaruh panjang pengarah aliran masuk terhadap koefisien daya dan daya yang dapat dibangkitkan THK.

2. Menganalisis pengaruh panjang pengarah aliran masuk terhadap putaran dari THK.

I.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu :

1. Sungai yang menjadi tempat pengambilan data dari penelitian ini adalah Sungai Manggar, Balikpapan, Kalimantan Timur.
2. Jenis rotor yang digunakan berkode RR001 dengan material *carbon steel*.
3. Diameter *propeller* yang digunakan berukuran 370 mm dengan *tip clearance* sebesar 2.5% sehingga diameter *throat* yang digunakan berukuran 350 mm.
4. Diameter pengarah aliran masuk (*inlet*) dengan sudut 30° sebagai sudut yang optimal sebesar 594.8 mm, 702.2 mm, dan 809.5 mm.
5. Karakter fluida yang melewati THK.

I.5 Manfaat Penelitian

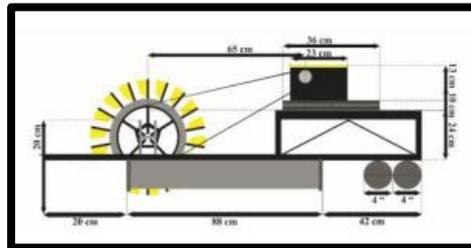
Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Memberikan informasi pengaruh panjang pengarah aliran masuk terhadap kinerja THK.
2. Dapat memanfaatkan hasil dari penelitian untuk pengembangan berkelanjutan dalam bidang pembangkit hidrokinetik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

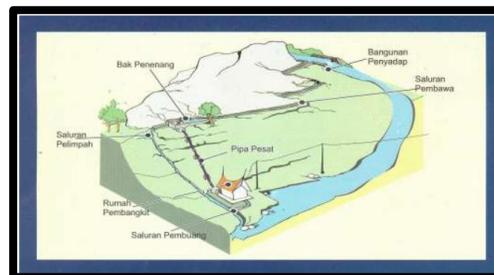
Air adalah salah satu sumber energi yang mudah didapatkan dan relatif ekonomis. Pemanfaatan aliran lepas pada jalur irigasi yang mengalir secara kontinu (terus-menerus) dapat digunakan sebagai penggerak turbin yang dapat menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan dari pemanfaatan aliran air tersebut termasuk dalam energi yang ramah lingkungan atau dapat disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) [3].



Gambar 1. Contoh Rancangan Sistem PLTA [3]

II.2 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

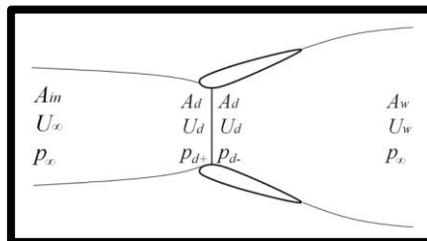
PLTMH mengandung makna, secara bahasa diartikan mikro adalah kecil dan hydro adalah air, maka dapat dikatakan bahwa mikrohydro adalah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang berskala kecil, karena pembangkit tenaga listrik ini memanfaatkan aliran sungai atau aliran irigasi sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan turbin dan memutar generator [4].



Gambar 2. Ilustrasi Mikrohidro dengan Head [4]

II.3 Turbin Hidrokinetik

Turbin hidrokinetik adalah alat yang didesain untuk menyerap daya dari ombak atau arus air sungai. Prinsip kerjanya mirip dengan turbin angin, dimana kedua tipe alat ini bergantung pada energi kinetik dari aliran tersebut sebagai sumber daya. Penurunan tekanan yang disebabkan oleh turbin cenderung mengubah arah aliran dari mesin, menyebabkan berkurangnya massa aliran melewati rotor, yang pada akhirnya membatasi daya yang dapat diserap dari aliran. Keterbatasan ini berhubungan dengan batasan Betz (*Betz Limit*) yang menyatakan bahwa 59,3% dari daya yang tersedia pada aliran bebas melalui turbin. Untuk mengatasi masalah ini, sudah ada beberapa percobaan untuk menambahkan *diffuser* (selubung) di sekitar turbin dengan maksud untuk meningkatkan massa aliran yang melewati rotor karena penurunan tekanan di belakang turbin, yang mana akan meningkatkan daya [5].



Gambar 3. *Diffuser* Turbin [5]

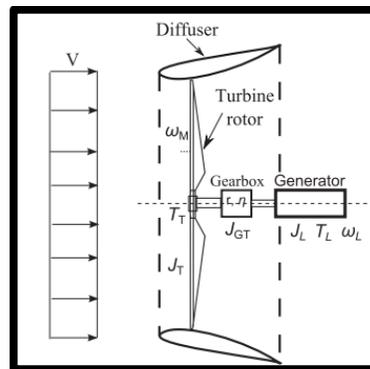
II.4 Sudu Turbin

Rio Vaz et al. [6] telah mengkaji bagaimana variasi tekanan pada ujung sudu turbin yang diberikan *diffuser* sangat berpengaruh ke rasio penambahan kecepatan *diffuser*. Mereka menggunakan metode ini sebagai kelanjutan dari metode Vaz dan Wood, yang menunjukkan bahwa rugi-rugi pada sebuah *diffuser* harus diperhitungkan untuk memprediksi performa turbin yang diberi *diffuser*. Topik ini yang menjadi topik hangat pada literatur-literatur dewasa ini.

Perbandingan antara data optimal yang diharapkan dan eksperimental ($V_0 = 10 \text{ m/s}$) [7]

Tabel 1. Perbandingan Data Optimal dan Eksperimental [7]

	Kecepatan Angular (rad/s)	Daya Keluaran (Watt)	Torsi (N.m)
Eksperimental	75	531	7.1
Rotor Awal	75	564	7.5
Rotor yang Dioptimasi	75	601	8.0
CFD	137	545	4.0
CFD	155	246	1.6

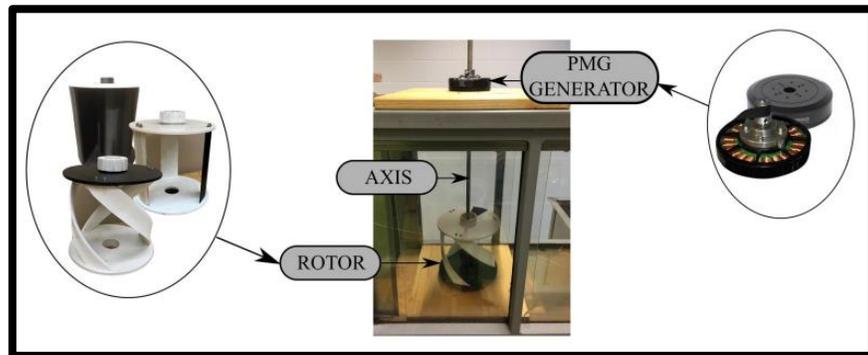


Gambar 4. Sudu Turbin [6]

II.5 Mikro Turbin

Mikro turbin dengan desain aliran aksial mirip dengan turbin angin hanya saja memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan turbin *cross-flow*. Meskipun begitu, turbin-turbin tersebut didesain berdasarkan sistem mekanis turbin yang kompleks dari sebuah rotor turbin yang dihubungkan dengan generator listrik, yang mana akan ditenggelamkan pada suatu susunan khusus. Desain yang rumit ini melibatkan biaya yang cukup besar untuk pembuatan prototipe [8].

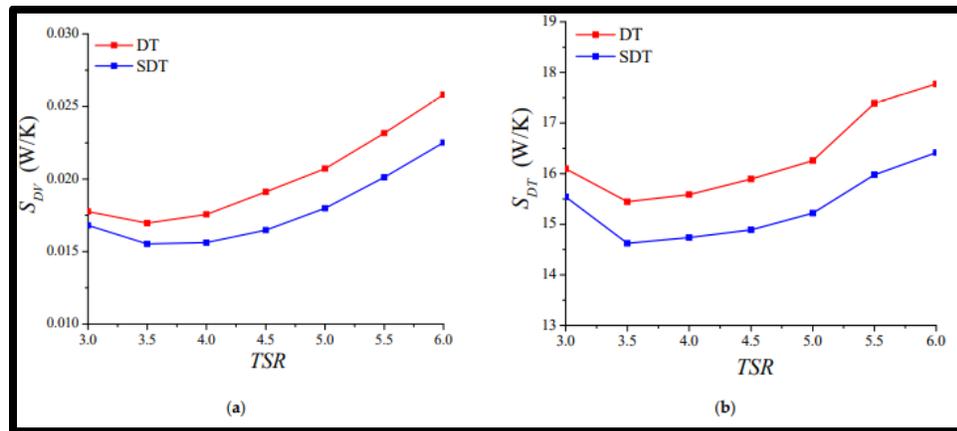
Penelitian-penelitian dewasa ini pada mikro turbin aliran aksial hanya berupa teori dan numerik yang berfokus pada topik penelitian yang berbeda-beda, dengan hampir tidak ada penelitian yang memvalidasi, seperti mengoptimasi desain *electromechanical*-nya dengan mendefinisikan model turbin dinamis secara matematis, menghubungkan blok yang sesuai dengan rotor hidrokinetik produksi mekanik [8].



Gambar 5. Mikro Turbin [8]

II.6 Turbin Aliran Tanpa Poros

Turbin Aliran Tanpa Poros atau *Shaftless Ducted Turbine* (SDT) adalah terobosan baru pada pengaplikasian pembangkit daya, mempunyai banyak keuntungan dan prospek penggunaan yang luas. Struktur dari SDT mempunyai kemiripan dengan Turbin Aliran Poros atau *Ducted Turbine* (DT), yang mana keduanya memiliki bilah turbin dan sebuah saluran. Meskipun begitu, terdapat perbedaan struktural antara DT dan SDT yang bisa menyebabkan perbedaan yang signifikan pada karakteristik hidrodinamis dan aliran. Jurnal ini membandingkan rugi-rugi yang terjadi pada turbin hidrodinamis pada DT dan SDT menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Karena perbedaan struktural antara DT dan SDT serta efek dari interaksi antara aliran permukaan atas bilah-bilah turbin dan aliran permukaan bawah bilah-bilah turbin, momentum dan nilai beban pada masing-masing bilah berbeda [9].



Gambar 6.(a) Produksi Entropi pada Disipasi Kekentalan; (b) Produksi Entropi pada Disipasi Turbulensi [9]

II.7 Betz Limit

Efisiensi maksimum turbin angin/air konvensional dikenal sebagai *Betz Limit* (0.59). Parameter batas ini ini nampaknya ini tidak hanya diakibatkan oleh cacat desain. Secara aerodinamis, beberapa referensi menjelaskan ekspansi aliran ke arah hilir dengan faktor dua terhadap daerah rotor menjadi penyebab dari fenomena batas ini. Meskipun banyak dari referensi ini menjelaskan faktor-faktor yang menyebabkan fenomena batas ini, pembahasan yang komprehensif mengenai alasan untuk ekspansi aliran tampaknya masih kurang dieksplorasi. Tulisan ini mencoba mendiskusikan lebih komprehensif mengenai faktor penyebab fenomena batas efisiensi, dengan menghubungkan dengan fenomena ekspansi aliran [10].

II.8 Inlet Duct

Energi angin kelas bawah, biasanya dikategorikan untuk angin dengan kecepatan yang lebih kecil daripada 6 m/s, tidak cocok untuk perkembangan turbin angin horizontal. Salah satu metode yang efisien untuk meningkatkan kecepatan angin yang melalui turbin adalah dengan menggunakan *shroud* (selubung). Pada studi ini, studi numerical yang luas digunakan pada saluran bergelang konvergen-divergen untuk mencapai kenaikan kecepatan maksimum.

Efek-efek dari beberapa parameter dari kenaikan kecepatan dan dinamika fluida dari selubung diinvestigasi secara seksama [11].

Sebuah pengarah aliran masuk yang efisien diperkenalkan untuk meningkatkan kecepatan aliran yang memasuki turbin. Karena turbin sudah dioptimasi untuk operasi aliran bebas dan bukan dengan pengarah aliran masuk, ada penurunan efisiensi karena interaksi antar turbin dan pengarah aliran masuk. Meskipun terdapat penurunan efisiensi, daya yang dihasilkan oleh turbin meningkat [12].



Gambar 7. *Inlet Duct* [13]

II.9 Kapasitas Daya

Pembangkit *hydropower* secara umum diklasifikasikan sebagai pembangkit yang memerlukan waduk dan mengalir seperti sungai. Menggunakan skema dengan aliran sungai bisa menjadi kelebihan karena tidak memerlukan rehabilitasi orang-orang sekitar juga dapat diabaikan dari dampak lingkungannya karena secara instan menggunakan aliran dari air sungai untuk memutar turbin. Jenis-jenis pembangkit *hydropower* terbagi menjadi besar dan kecil tergantung dari kapasitas pembangkit. Negara yang berbeda bisa saja memiliki definisi masing-masing untuk klasifikasi ini. Di India, pembangkit *hydropower* dibawah

25 MW diklasifikasikan sebagai pembangkit *hydropower* kecil (SHP) sedangkan lebih besar dari 25 MW sebagai pembangkit *hydropower* besar [14].

II.10 Konversi Energi Angin

Turbin angin mengkonversi energi kinetik dari angin yang bergantung pada wind power. Wind power merupakan kuantitas dari energi angin yang melewati suatu area per unit waktu. Energi angin didefinisikan sebagai energi angin yang bergerak, energi tersebut adalah energi kinetik yang merupakan fungsi dari massa dan kecepatan fluida [3]

Energi kinetik dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut [3]

$$K E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (1)$$

Wind power dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut [3] :

$$P = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (2)$$

Dimana m merupakan laju aliran massa yang memiliki persamaan sebagai berikut [2] :

$$m = \rho \cdot A \cdot v \quad (3)$$

Sehingga *wind power* dapat dinyatakan sebagai daya yang melalui penampang dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut [3]:

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (4)$$

II.11 Tip Speed Ratio

Tip Speed Ratio (TSR) adalah perbandingan kecepatan antara putaran turbin terhadap kecepatan angin [15]. Rumus dari TSR itu sendiri adalah :

$$\lambda = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot R}{60 \cdot v} \quad [15]$$

Dimana:

$\lambda = \text{Tip Speed Ratio}$

$\pi = 3.14$

n = Putaran (RPM)

R = Jari – jari (0.175 m)

v = Kecepatan aliran sungai sebelum mengenai rotor (v1)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu dan tempat penelitian dilaksanakan selama 3 (tiga) bulan, mulai dari bulan Oktober 2022 hingga Desember 2022 berlokasi di Sungai Manggar, Balikpapan, Kalimantan Timur.

III.2 Alat dan Bahan

III.2.1 Alat

1. *Flow Meter*

Berfungsi untuk mengukur kecepatan aliran sungai/lingkungan (v_0), kecepatan aliran sebelum turbin (v_1), dan kecepatan setelah turbin (v_2).

2. *Proximity Meter*

Berfungsi untuk mengukur putaran (RPM) yang terjadi pada rotor guna menghitung torsi yang terjadi pada turbin.

3. *Data Logger*

Berfungsi sebagai pencatat data, alat ini ditenagai dengan baterai selama proses pengambilan data berlangsung.

4. Generator

Berfungsi sebagai penghasil tegangan dan arus untuk kemudian dihitung menjadi daya generator.

5. Rakit

Berfungsi sebagai alat pelayaran selama proses pengambilan data berlangsung.

6. Turbin Hidrokinetik (THK)

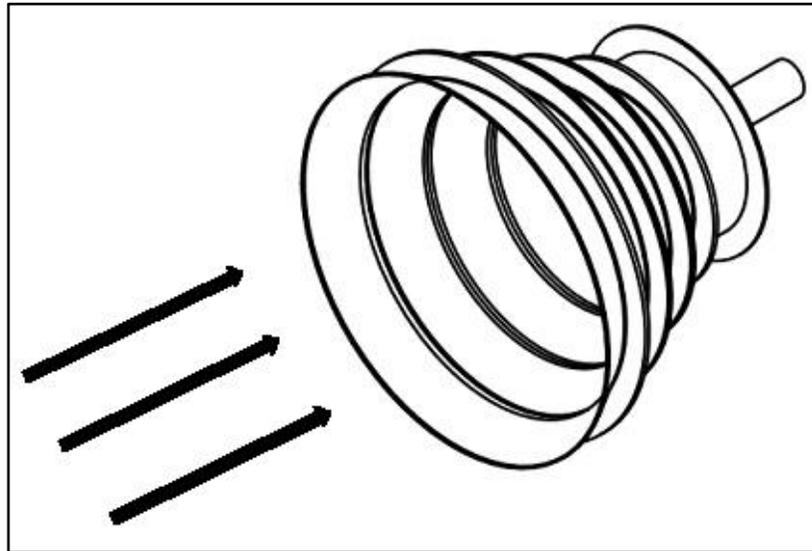
Sebagai turbin yang dijadikan alat pengambilan data eksperimental di Sungai Manggar, Kalimantan Timur.

7. Komputer

Berfungsi sebagai *converter* data csv dari *data logger* menjadi *xlsx*

III.2.2 Bahan

1. Alat Uji Pembangkit Hidrokinetik



Gambar 8. Pengarah Aliran Masuk Turbin Hidrokinetik

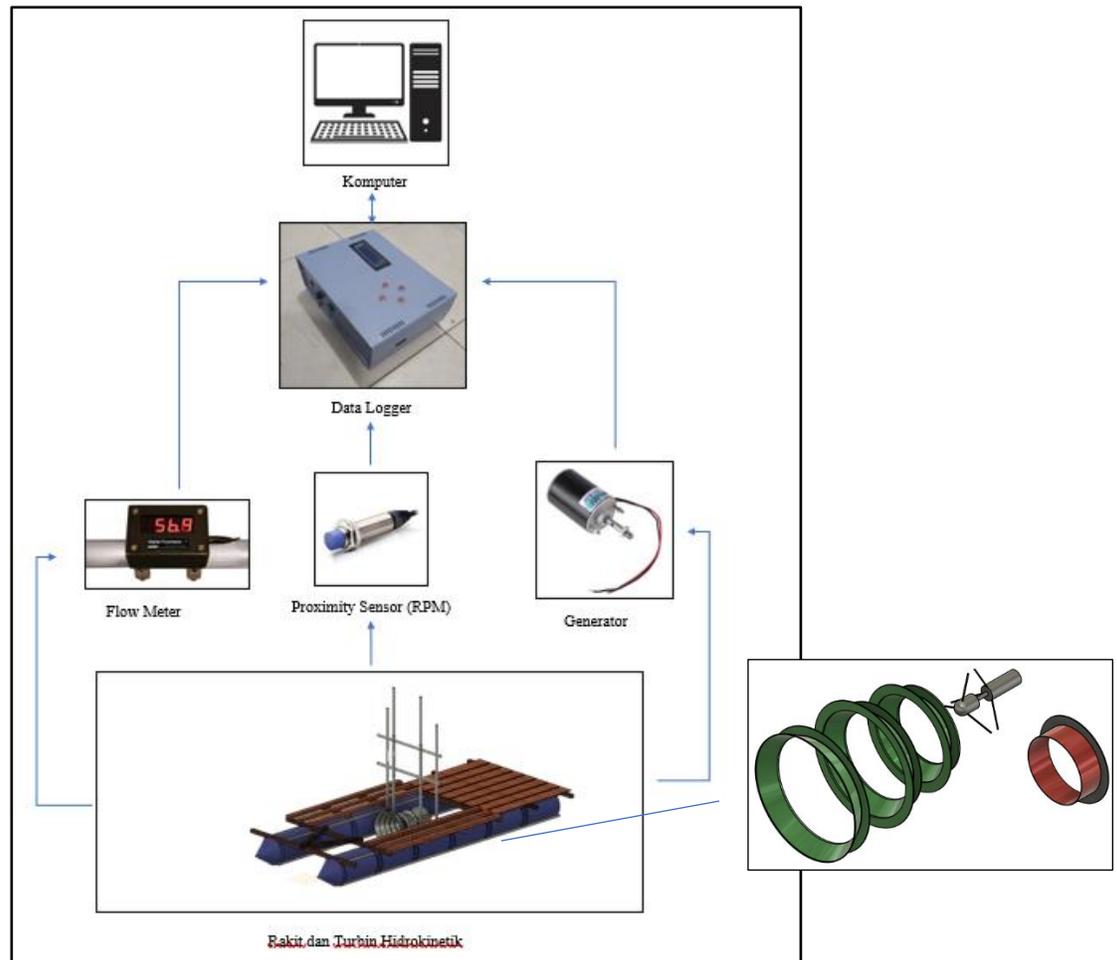
III.3 Metode Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini dilakukan secara eksperimental dengan mencari pengaruh panjang pengarah aliran masuk dengan tiga variasi diameter dari masing – masing pertambahan inlet, yaitu D dengan diameter 594.8 mm, E dengan diameter 702.2 mm, dan F dengan diameter 809.5 mm. Panjang bidang miring pada masing – masing inlet, yaitu D dengan panjang 145.6 mm, E dengan panjang 190.1 mm, dan F dengan panjang 238.7 mm.. Pertambahan jarak dari masing – masing inlet merupakan hasil dari perkalian 0.25 diameter *throat* (370 mm). Penetapan dimensi pada panjang pengarah aliran masuk didasari dari penelitian yang telah dilakukan oleh [11] yang mengatakan bahwa percepatan

maksimum terjadi pada $L/D = 0.25$ dan meningkatkan rasio tersebut malah akan menurunkan kecepatan aliran. Percepatan maksimum pada penelitian ini berada saat $U_{maks}/U_{\infty} = 1.51$. Peristiwa ini kemungkinan besar terjadi karena jarak antara *diffuser* dan *flange* yang sangat dekat dengan *shroud* aliran masuk [11]. Berdasarkan penelitian yang akan dilakukan beriringan dengan penelitian ini, diameter *throat* yang digunakan sebesar 370 mm juga diameter *propeller* yang digunakan sebesar 350 mm.

III.4 Skema Rancangan Instalasi dan Skema Pengukuran

III.4.1 Skema Alur Pengambilan Data



Gambar 9. Skema Alur Pengambilan Data

III.4.2 Skema Pengukuran

- a. Kecepatan aliran air sungai (m/s)
- b. Kecepatan aliran air dalam turbin (m/s)
- c. Kecepatan aliran air tepat setelah turbin (m/s)
- d. Peningkatan kecepatan dengan tambahan pengarah aliran masuk (m/s)
- e. Daya (Watt)
- f. Tegangan (Volt)
- g. Arus (Ampere)
- h. Putaran (Rotasi Per Menit)
- i. Efisiensi (%)

III.5 Metode Pengambilan Data

Metode penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan menggunakan *prototype* turbin hidrokinetik di aliran sungai yang dilengkapi dengan pengukur kecepatan aliran sungai (*flow sensor*), pengukur putaran dari poros (*proximity sensor*), dan generator berlokasi di sungai Manggar, Balikpapan, Kalimantan Timur.

Setelah turbin hidrokinetik selesai dirakit, turbin dipasang pada rakit sebagai tumpuan turbin agar turbin tetap terjaga pada posisinya. Pengambilan data pada setiap variasi dilakukan pada tiga variasi *throat*, tiga variasi *inlet*, tiga variasi *outlet*, dan tiga variasi penambahan panjang *inlet*.

Setelah turbin terpasang, variasi pertama yang akan dilakukan yaitu memvariasikan panjang *throat*, hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh panjang *throat* terhadap kinerja turbin hidrokinetik, selanjutnya dilakukan variasi sudut dari *inlet* dan variasi sudut dari *outlet*, dan yang terakhir variasi penambahan panjang *inlet* tanpa *outlet*.

Prosedur pengambilan data di sungai Manggar, Balikpapan, Kalimantan Timur adalah sebagai berikut :

1. Sebelum melakukan pengambilan data, dilakukan pengecekan kembali fungsi pada *data logger* untuk menghindari terjadinya masalah pada *input data* di tengah-tengah pengambilan data.
2. Pengambilan data dilakukan setiap 15-20 menit pada setiap variasi yang telah disebutkan sebelumnya.
3. Data yang akan diambil meliputi :
 - a. Kecepatan aliran air sungai (m/s)
 - b. Kecepatan aliran air dalam turbin (m/s)
 - c. Kecepatan aliran air tepat setelah turbin (m/s)
 - d. Peningkatan kecepatan dengan tambahan pengarah aliran masuk (m/s)
 - e. Daya (Watt)
 - f. Tegangan (Volt)
 - g. Arus (Ampere)
 - h. Putaran (Rotasi Per Menit)
 - i. Efisiensi (%)

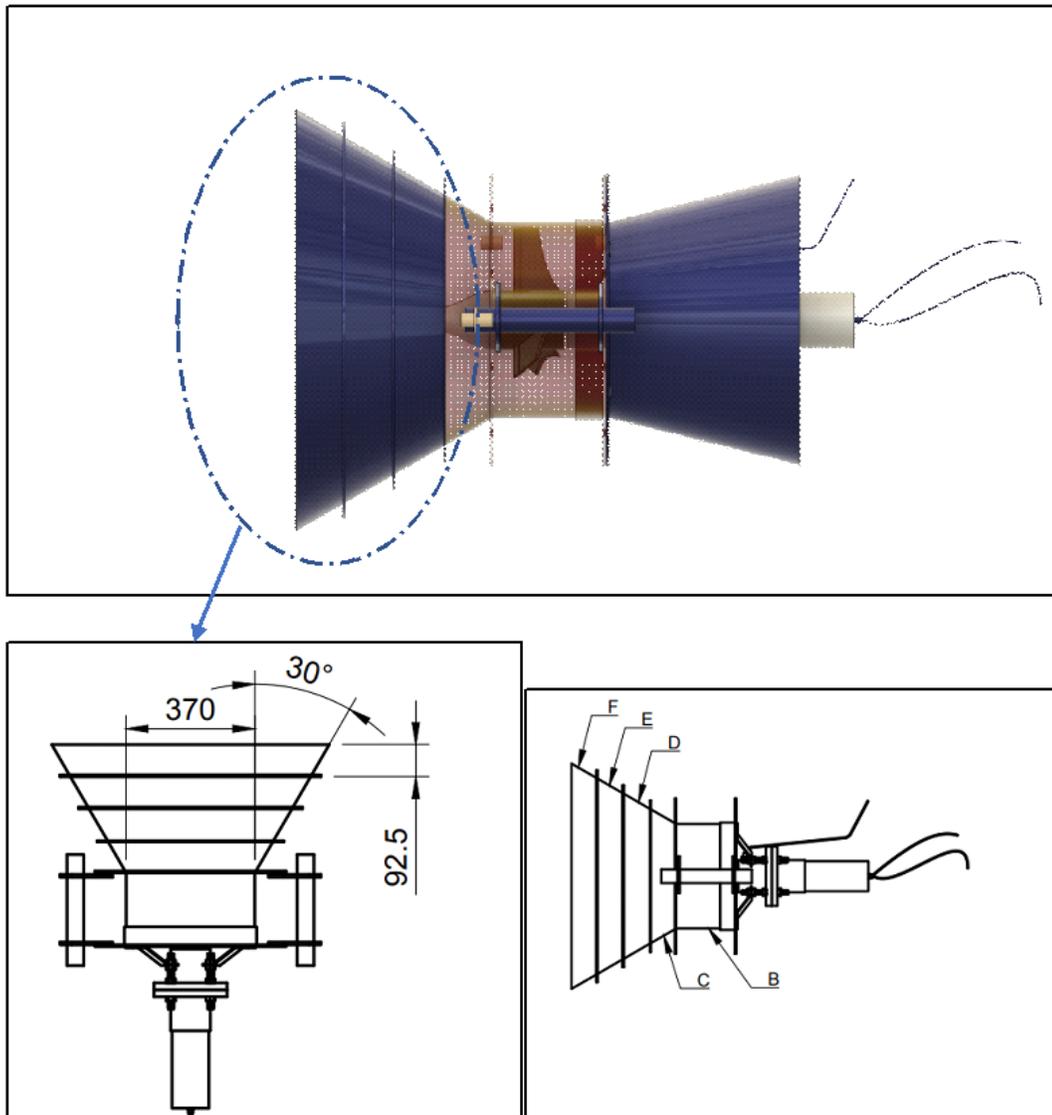
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data kami lakukan menggunakan rakit yang kami fabrikasi sendiri, lalu ditarik menggunakan kapal sebagai simulasi arus yang akan terjadi pada turbin yang kami gunakan. Turbin hidrokinetik kami tenggelamkan sedalam 1.2 meter dari permukaan air laut menggunakan *scaffolding* sebagai penyangga lalu melakukan pengambilan data selama kurang lebih 15 sampai 20 menit, kemudian kami naikkan untuk mengganti variasinya sesuai dengan fokus penelitian kami masing – masing. Kecepatan dari kapal yang menarik rakit, kami variasikan sesuai dengan *output* yang ingin kami hasilkan sehingga *range* dari data yang kami hasilkan bervariasi dari kecepatan arus yang rendah hingga tinggi. Kecepatan arus yang rendah hingga tinggi inilah yang akan kami kelompokkan dalam penelitian ini.

Berikut ini merupakan data – data yang telah kami ambil selama berada di lokasi penelitian untuk penelitian yang berjudul “Pengaruh Variasi Panjang Pengarah Aliran Masuk Terhadap Kinerja Pembangkit Hidrokinetik”. Variabel X dalam penelitian ini adalah data – data yang dihasilkan dari turbin hidrokinetik yang terdiri dari empat *sub* variabel, yaitu v_0 (kecepatan aliran air di lingkungan), v_1 (kecepatan aliran air sebelum menyentuh rotor turbin), v_2 (kecepatan aliran air setelah melewati rotor turbin), putaran (rotasi per menit) yang terjadi pada turbin hidrokinetik. Sedangkan variabel Y dalam penelitian ini adalah daya air, daya turbin, koefisien daya, dan *pressure drop*.

IV.1 Gambar dan Ukuran Spesimen



Gambar 10. Gambar dan Ukuran Spesimen

Pertambahan jarak dari tiap inlet masing – masing 92.5 mm pada inlet D, E, dan F dengan sudut kemiringan 30° diukur dari selongsong (*throat*). Diameter dari masing – masing pertambahan inlet, yaitu D dengan diameter 594.8 mm, E dengan diameter 702.2 mm, dan F dengan diameter 809.5 mm. Panjang bidang miring pada masing – masing inlet, yaitu D dengan panjang 145.6 mm, E dengan panjang 190.1 mm, dan F dengan panjang 238.7 mm.

IV.2 Data Pengamatan

Pada bagian ini, peneliti akan memaparkan tentang data pengamatan yang diambil pada spesimen D, E, dan F dengan sudut 30° .

Tabel 2. Data Pengamatan Inlet D

Pengamatan D			
v0 (m/s)	v1 (m/s)	v2 (m/s)	Putaran (rpm)
1.97	4.85	4.51	64.90
2.12	5.22	4.72	60.15
2.27	5.62	5.25	79.31
2.42	5.91	5.53	87.03
2.57	6.34	5.85	100.39
2.72	6.62	5.99	108.69
2.87	7.04	6.38	112.44
3.02	7.41	6.63	117.81
3.17	7.79	7.15	118.02
3.32	8.15	7.44	121.89
3.47	8.51	7.80	123.12

Tabel 3. Data Pengamatan Inlet E

Pengamatan E			
v0 (m/s)	v1 (m/s)	v2 (m/s)	Putaran (rpm)
1.97	7.94	7.35	204.15
2.12	8.53	7.74	96.16
2.27	9.02	8.04	78.06
2.42	9.64	8.43	98.59
2.57	10.32	8.50	189.42
2.72	11.00	8.87	102.81
2.87	11.50	9.30	188.00
3.02	12.23	9.74	143.29
3.17	12.67	10.12	115.00
3.32	13.11	10.56	182.50
3.47	13.87	9.18	231.00

Tabel 4. Data Pengamatan Inlet F

Pengamatan F			
v0 (m/s)	v1 (m/s)	v2 (m/s)	Putaran (rpm)
1.87	10.06	8.60	127.12
2.02	10.73	8.99	163.17
2.17	11.67	9.98	168.44
2.32	12.39	10.39	239.81
2.47	13.29	10.45	309.31
2.62	13.98	11.68	214.88
2.77	14.79	11.84	302.56
2.92	15.57	13.04	316.08
3.07	16.56	12.53	204.25
3.22	17.16	13.73	262.24
3.37	18.04	14.97	205.33
3.52	18.75	15.44	251.75

IV.3 Analisa dan Perhitungan

1. Kecepatan Air

Dari tiga jenis kecepatan aliran air, yaitu kecepatan aliran air lingkungan (v_0), kecepatan aliran air sebelum mengenai rotor (v_1), dan kecepatan aliran air setelah rotor (v_2) sudah tercatat dari sensor *flow meter*.

2. Debit Air Teoritis

$$Q = v \times A$$

Dimana :

Q = debit Air

v = kecepatan aliran air lingkungan (v_0)

A = luas sungai Manggar menurut AutoCAD

Sehingga:

$$Q = 3.12 \text{ m/s} \times 655.03 \text{ m}^2$$

$$= 2043.69 \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Tip Speed Ratio (λ)

Sesuai dengan rumus dari II.11, maka *Tip Speed Ratio* yang terjadi pada $v_0 = 3.12 \text{ m/s}$ pada inlet F :

$$\lambda = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot R}{60 \cdot v}$$

$$= \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 191.27 \cdot 0.175 \text{ m}}{60 \text{ s} \cdot 16.71 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$= \frac{210.2}{1002.6} = 0.21$$

4. Potensi Daya Air

$$P_{air} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \text{ [16]}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.5144 \text{ m}^2 \cdot \left(3.12 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^3$$

$$= 7811 \text{ Watt}$$

5. Daya Turbin

$$P_{turbin} = \frac{1}{4} \rho A (v_1^2 - v_2^2)(v_1 + v_2) \text{ [16]}$$

$$= \frac{1}{4} 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.5144 \text{ m}^2 \cdot (16.71^2 - 12.65^2)(16.71 + 12.65)$$

$$= 450069 \text{ Watt}$$

6. Koefisien Daya (C_p)

$$C_p = \frac{P_{turbin}}{P_{air}} \text{ [16]}$$

$$= \frac{84347.26}{7850} = 10.74$$

7. Efisiensi Turbin

$$\begin{aligned}\eta_{turbin} &= \frac{P_{turbin}}{P_{air}} \cdot 100\% \\ &= \frac{84347.26}{7850} \cdot 100\% = 1074\%\end{aligned}$$

8. Perubahan Tekanan (*Pressure Drop*)

$$\Delta p = [(1/2) \rho (v_1^2 - v_2^2)]$$

Dimana :

ρ = massa jenis air (1000 kg/m³)

v_1 = kecepatan aliran air sebelum rotor

v_2 = kecepatan aliran air setelah rotor

$$\Delta p = [(1/2) 1000 (16.71^2 - 12.65^2)]$$

$$= 500 \times 119.2 = 59600 \text{ Pa} = 59.6 \text{ kPa}$$

Hasil perhitungan yang diperoleh dari pengujian turbin hidrokinetik dengan inlet terpanjang (F) dengan sudut 30° yang dihasilkan dari kecepatan aliran sungai (v_0) sebesar 3.12 m/s, kecepatan aliran sebelum mengenai rotor (v_1) sebesar 16.71 m/s, kecepatan aliran setelah melewati rotor (v_2) sebesar 12.65 m/s, serta putaran sebesar 191.27 rpm, adalah sebagai berikut :

$$Q = 2043.69 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{TSR} = 0.21$$

$$P_{air} = 7850 \text{ Watt}$$

$$P_{turbin} = 450069 \text{ Watt}$$

$$C_p = 10.74$$

$$\eta_{turbin} = 1074\%$$

$$\Delta p = 59.6 \text{ kPa}$$

IV.4 Data Hasil Perhitungan

IV.4.1 Inlet D

Tabel 5. Data Perhitungan Inlet D

v1 (m/s)	v2 (m/s)	RPM	Daya Turbin (Watt)	Daya Air (Watt)	ω	TSR	Cp	Efisiensi Turbin
4.66	3.93	43.74	1,607.18	1,003.89	4.58	4.58	1.60	160%
5.00	4.76	69.28	686.70	1,238.43	7.25	7.25	0.54	54%
5.24	4.73	60.70	1,471.36	1,428.30	6.35	6.35	1.03	103%
5.53	5.19	75.76	1,145.60	1,679.99	7.93	7.93	0.68	68%
5.74	5.33	83.23	1,439.53	1,879.49	8.71	8.71	0.76	76%
5.97	5.63	88.65	1,283.90	2,109.10	9.28	9.28	0.61	61%
6.26	5.80	101.65	1,853.94	2,433.43	10.64	10.64	0.76	76%
6.50	5.88	102.96	2,693.90	2,718.52	10.78	10.78	0.99	99%
6.70	6.11	112.47	2,685.02	2,979.26	11.77	11.77	0.90	90%
6.99	6.39	110.70	3,041.34	3,382.74	11.59	11.59	0.90	90%
7.21	6.46	116.78	4,013.38	3,721.02	12.22	12.22	1.08	108%

IV.4.2 Inlet E

Tabel 6. Data Perhitungan Inlet E

v1 (m/s)	v2 (m/s)	RPM	Daya Turbin (Watt)	Daya Air (Watt)	ω	TSR	Cp	Efisiensi Turbin
4.99	4.66	135.25	776.97	388.23	14.16	0.51	1.94	194%
5.51	5.04	196.42	1,296.10	521.17	20.56	0.65	2.46	246%
6.10	5.44	233.22	2,163.96	708.05	24.41	0.69	3.07	307%
6.80	6.33	174.71	2,006.50	982.26	18.29	0.47	2.01	201%
7.37	6.69	296.69	3,298.41	1,250.79	31.05	0.75	2.64	264%
7.94	7.35	204.15	3,456.87	1,562.92	21.37	0.47	2.19	219%
8.53	7.74	96.16	5,186.31	1,934.53	10.06	0.21	2.65	265%
9.02	8.04	78.06	7,082.99	2,290.54	8.17	0.16	3.08	308%
9.64	8.43	98.59	9,610.54	2,792.41	10.32	0.19	3.46	346%
10.32	8.50	189.42	15,953.84	3,421.44	19.83	0.34	4.63	463%
11.00	8.87	102.81	20,377.22	4,154.47	10.76	0.17	4.93	493%

IV.4.3 Inlet F

Tabel 7. Data Perhitungan Inlet F

v1 (m/s)	v2 (m/s)	RPM	Daya Turbin (Watt)	Daya Air (Watt)	ω	TSR	Cp	Efisiensi Turbin
5.25	4.88	79.00	876.67	256.99	8.27	0.28	3.77	377%
6.11	5.39	588.00	2403.61	402.43	61.54	1.76	5.97	597%
6.94	6.02	72.50	3803.00	590.85	7.59	0.19	6.35	635%