ANALISIS EFISIENSI PENGARUH PENGGUNAAN *TIP* PADA *BLADE OFFSHORE WIND TURBINE* DI PERAIRAN DENGAN KECEPATAN ANGIN RENDAH

SKRIPSI

VIONA MIRZA WISEAINA
2110313011

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN
2026

ANALISIS EFISIENSI PENGARUH PENGGUNAAN *TIP* PADA *BLADE OFFSHORE WIND TURBINE* DI PERAIRAN DENGAN KECEPATAN ANGIN RENDAH

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

VIONA MIRZA WISEAINA

2110313011

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

2026

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Viona Mirza Wiseaina

NIM : 2110313011

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : Analisis Efisiensi Pengaruh Penggunaan *Tip* pada *Blade Offshore Wind Turbine* di Perairan Dengan Kecepatan Angin Rendah

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memeroleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta.

Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, S.T., M.T.
Penguji Utama

Fathin Muhammad Mahdhudhu, S.T., M.Sc.
Penguji Lembaga

Fakhri Akbar Ayub, S.T., M.Eng., Ph.D.
Penguji Pembimbing

Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, ST., MT., IPM.
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT.
Kepala Program Studi Teknik Perkapalan

Ditetapkan di : Depok

Tanggal Ujian : 6 Januari 2026

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS EFISIENSI PENGARUH PENGGUNAAN *TIP* PADA *BLADE OFFSHORE WIND TURBINE* DI PERAIRAN DENGAN KECEPATAN ANGIN RENDAH

Disusun Oleh:
Viona Mirza Wiseaina
2110313011

Menyetujui,

Pembimbing I	Pembimbing II
Fakhri Akbar Ayub, ST. M.Eng. Ph.D	Purwo Joko Suranto, ST. M.T

Kepala Program Studi S1 Teknik Perkapalan

Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT.

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber yang dikutip atau dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Viona Mirza Wiseaina

NIM : 2110313011

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Depok, 6 Januari 2026

Yang menyatakan,

Viona Mirza Wiseaina

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Viona Mirza Wiseaina
NIM	: 2110313011
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: S1 Teknik Perkapalan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non Ekslusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

"ANALISIS EFISIENSI PENGARUH PENGGUNAAN *TIP* PADA *BLADE OFFSHORE WIND TURBINE* DI PERAIRAN DENGAN KECEPATAN ANGIN RENDAH"

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 6 Januari 2026
Yang menyatakan,

Viona Mirza Wiseaina

ANALISIS EFISIENSI PENGARUH PENGGUNAAN *TIP* PADA *BLADE OFFSHORE WIND TURBINE* DI PERAIRAN DENGAN KECEPATAN ANGIN RENDAH

Viona Mirza Wiseaina

ABSTRAK

Penelitian ini membahas peningkatan efisiensi turbin angin melalui penerapan desain tip blade dengan konfigurasi backward sweep winglet pada bilah turbin NREL Phase VI yang beroperasi pada kondisi offshore dengan kecepatan angin rendah. Analisis aliran fluida dilakukan secara numerik menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan bantuan perangkat lunak ANSYS Fluent. Variasi desain yang dikaji meliputi sudut sweep sebesar 25°, 50°, dan 60°, yang diuji pada lima variasi kecepatan angin, yaitu 5, 7, 10, 13, dan 15 m/s. Hasil simulasi menunjukkan bahwa seluruh variasi desain mengalami peningkatan torsi dan daya seiring bertambahnya kecepatan angin, namun nilai koefisien daya (Cp) mencapai kondisi optimum pada kecepatan angin rendah. Konfigurasi backward sweep winglet dengan sudut 25° menghasilkan nilai Cp tertinggi sebesar 0,378 pada kecepatan angin 5 m/s, sehingga dinilai sebagai desain paling efisien. Pada kecepatan angin yang lebih tinggi, nilai Cp menurun akibat meningkatnya rugi-rugi aerodinamis. Oleh karena itu, desain backward sweep winglet direkomendasikan untuk pengembangan turbin angin di wilayah pesisir Indonesia yang memiliki karakteristik kecepatan angin rendah.

Kata kunci: Turbin angin lepas pantai, CFD, *Tip blade, backward sweep winglet*.

EFFICIENCY ANALYSIS OF THE EFFECT OF TIP USAGE ON OFFSHORE WIND TURBINE BLADES IN WATERS WITH LOW WIND SPEED

Viona Mirza Wiseaina

ABSTRACT

This study investigates the improvement of wind turbine efficiency through the application of backward sweep winglet tip blade designs on the NREL Phase VI turbine operating under low offshore wind speed conditions. The fluid flow analysis was conducted numerically using the Computational Fluid Dynamics (CFD) method with ANSYS Fluent as the simulation tool. The design variations consisted of sweep angles of 25°, 50°, and 60°, which were evaluated at five wind speed conditions ranging from 5 to 15 m/s. The simulation results indicate that torque and power output increase with wind speed for all configurations; however, the power coefficient (Cp) reaches its optimum value at low wind speeds. The backward sweep winglet with a 25° angle provides the highest Cp value of 0.378 at a wind speed of 5 m/s, indicating the most efficient aerodynamic performance among the tested designs. At higher wind speeds, the efficiency decreases due to increased aerodynamic losses. These findings confirm that the backward sweep winglet tip blade is most suitable for low wind speed environments. Therefore, this design is recommended for the development of offshore wind turbines in Indonesian coastal regions characterized by low wind speed conditions.

Keywords *: Offshore wind turbine, CFD, Tip blade, backward sweep winglet.*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "Analisis Efisiensi Pengaruh Penggunaan *Tip* pada *Blade Offshore Wind Turbine* di Perairan Dengan Kecepatan Angin Rendah". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun skripsi hingga selesai.
2. Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wa Salam atas mukjizat dan syafa'at beliau kelak.
3. Ibu Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
4. Bapak Fakhri Akbar Ayub, S.T., M.Eng., Ph.D selaku dosen pembimbing I yang telah membantu dan mengarahkan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Bapak Purwo Joko Suranto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah membantu dan mengarahkan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Kedua orang tua penulis yang selalu mendukung dan memberikan nasehat serta doa yang tak pernah terputus kepada penulis.
7. Muhammad Lutfi Zakaria yang selalu menemani dan memberikan *support* kepada penulis selama penyusunan skripsi.
8. Saudara dan saudari Maritim 2021 yang senantiasa membantu dan menemani penulis dalam suka dan duka, serta saling berbagi ilmu dan semangat.
9. Serta seluruh pihak, baik teman, keluarga, maupun individu lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu, namun telah memberikan bantuan dan dukungan secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna,

baik dari segi materi maupun sistematika penulisan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang.

Akhir kata, penulis mengucapkan Alhamdulillahi Rabbil ‘Alamin, semoga Allah SWT senantiasa meridhai setiap langkah penulis. Besar harapan penulis, semoga karya tulis ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta menjadi referensi yang berguna, khususnya dalam bidang Teknik Perkapalan

Depok, Januari 2026

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING ..... **iii**
PERNYATAAN ORISINALITAS ..... **iv**
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ..... **v**
ABSTRAK ..... **vi**
ABSTRACT ..... **vii**
KATA PENGANTAR ..... **viii**
DAFTAR ISI ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xv**
DAFTAR NOTASI ..... **xvi**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Hipotesis 4
1.5 Tujuan Penelitian 4
1.6 Manfaat Penelitian 4
1.7 Sistematika Penulisan 5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA **6**
2.1 *Wind Energy* 6
2.1.1 Kecepatan Angin Rendah 6
2.2 Aerodinamika 7
2.2.1 *Drag* 7
2.2.2 *Lift* 7
2.2.3 *Torque* 7
2.2.4 *Thrust* 8
2.3 *Offshore Wind Turbine* 8
2.3.1 *Horizontal Axis Wind Turbine* 9

2.3.2 *Blade* 10
2.3.3 *NREL Phase VI* 11
2.3.4 *Tip Blade* 11
2.3.5 *Sweep* 12
2.3.6 *Backward Sweep* 12
2.4 Parameter Performa *Wind Turbine* 13
2.4.1 *Coefficient Power* 13
2.4.2 *Betz Limit* 13
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 15
3.1 Diagram Alir 15
3.2 Studi Literatur dan Pengumpulan Data 15
3.3 Analisis *Computational Fluid Dynamics* (CFD) 16
3.3.1 Pembuatan Geometri 16
3.3.2 *Boundary Condition* (Domain) 18
3.3.3 Pembuatan *Meshing* 19
3.3.4 Setup Simulasi 19
3.4 Validasi 22
3.5 Variasi 25
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 27
4.1 Hasil Simulasi Variasi 27
4.1.1 Perbandingan Nilai Torsi pada Variasi Derajat dan Kecepatan 27
4.1.2 Perhitungan Nilai *Coefficient Power* (*Cp*) 28
4.1.3 Pola Aliran Fluida 30
4.2 Analisis Efisiensi Turbin 36
4.3 Penentuan Desain *Tip Blade* Paling Optimal 38
BAB 5 PENUTUP 39
5.1 Kesimpulan 39
5.2 Saran 40
DAFTAR PUSTAKA
DAFTAR RIWAYAT HIDUP
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi *Design* dan Geometri 16
Tabel 3. 2 Dimensi Domain Simulasi..... 18
Tabel 3. 3 Hasil Konvergensi *Mesh* 23
Tabel 3. 4 Hasil Validasi Model..... 24
Tabel 3. 5 Variasi 25
Tabel 3. 6 Variasi *Sweep Degree* 26
Tabel 4. 1 Nilai Torsi pada Berbagai Variasi 27
Tabel 4. 2 Nilai Koefisien Daya pada Berbagai Variasi 28
Tabel 4. 3 Perhitungan Daya pada Variasi *Blade*..... 37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 *Offshore Wind Turbine* 8
Gambar 2. 2 *Horizontal Axis Wind Turbine* 9
Gambar 2. 3 Konfigurasi Jumlah Bilah 10
Gambar 2. 4 *NREL Phase VI* 11
Gambar 2. 5 Pembagian Bilah 11
Gambar 2. 6 *Sweep Angle Ilustration* 12
Gambar 2. 7 Konfigurasi Arah *Sweep* 12
Gambar 2. 8 Grafik *Betz Limit* 13
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian 15
Gambar 3. 2 *NREL Phase VI* 16
Gambar 3. 3 *Airfoil S809* 17
Gambar 3. 4 *Winglet Design* 17
Gambar 3. 5 *Boundary Condition* 18
Gambar 3. 6 Hasil *Meshing* 19
Gambar 3. 7 *Setup Viscous Model* 20
Gambar 3. 8 *Setup Materials* 20
Gambar 3. 9 *Setup Boundary Conditions* 21
Gambar 3. 10 *Setting Number of Iterations* 22
Gambar 3. 11 *Setup Number of Iterations* 22
Gambar 3. 12 Grafik Hasil Konvergensi *Mesh* 23
Gambar 3. 13 Grafik Hasil Validasi Model 24
Gambar 3. 14 Grafik Validasi Torsi Model 1 Juta 25
Gambar 4. 1 Grafik Nilai Torsi pada Berbagai Variasi 27
Gambar 4. 2 Grafik Nilai Koefisien Daya pada Berbagai Variasi 28
Gambar 4. 3 Pola Aliran Fluida pada *Sweep Angle* 25° Kecepatan 5 m/s 30
Gambar 4. 4 Pola Aliran Fluida pada *Sweep Angle* 25° Kecepatan 7 m/s 30
Gambar 4. 5 Pola Aliran Fluida pada *Sweep Angle* 25° Kecepatan 10 m/s 31
Gambar 4. 6 Pola Aliran Fluida pada *Sweep Angle* 25° Kecepatan 13 m/s 31
Gambar 4. 7 Pola Aliran Fluida pada *Sweep Angle* 25° Kecepatan 15 m/s 31
Gambar 4. 8 Pola Aliran Fluida pada *Sweep Angle* 50° Kecepatan 5 m/s 32

Gambar 4. 9 Pola Aliran Fluida pada *Sweep Angle* 50° Kecepatan 7 m/s 32
Gambar 4. 10 Pola Aliran Fluida pada *Sweep Angle* 50° Kecepatan 10 m/s 33
Gambar 4. 11 Pola Aliran Fluida pada *Sweep Angle* 50° Kecepatan 13 m/s 33
Gambar 4. 12 Pola Aliran Fluida pada *Sweep Angle* 50° Kecepatan 15 m/s 33
Gambar 4. 13 Pola Aliran Fluida pada *Sweep Angle* 60° Kecepatan 5 m/s 34
Gambar 4. 14 Pola Aliran Fluida pada *Sweep Angle* 60° Kecepatan 7 m/s 34
Gambar 4. 15 Pola Aliran Fluida pada *Sweep Angle* 60° Kecepatan 10 m/s 35
Gambar 4. 16 Pola Aliran Fluida pada *Sweep Angle* 60° Kecepatan 13 m/s 35
Gambar 4. 17 Pola Aliran Fluida pada *Sweep Angle* 60° Kecepatan 15 m/s 35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Konsultasi Pembimbing 1
Lampiran 2. Lembar Konsultasi Pembimbing 2

DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Satuan
V	Kecepatan angin bebas	m/s
ρ	Massa jenis udara	kg/m^3
A	Luas sapuan rotor	m^2
R	Jari-jari rotor	m
T	Torsi turbin	Nm
ω	Kecepatan sudut rotor	rad/s
P	Daya turbin	W
$Pangin$	Daya kinetik angin	W
Cp	Koefisien daya (*Coefficient Power*)	$-$
τ	Torsi	Nm