# ANALISIS PERBANDINGAN DISTRIBUSI *WEIBULL* DAN *RAYLEIGH* UNTUK IDENTIFIKASI KECEPATAN ANGIN DOMINAN DI KABUPATEN KETAPANG

**AJI SAPUTRO**

**NIM. H1071181024**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI GEOFISKA**
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**
**UNIVERSITAS TANJUNGPURA**
**PONTIANAK**
**2025**

# ANALISIS PERBANDINGAN DISTRIBUSI *WEIBULL* DAN *RAYLEIGH* UNTUK IDENTIFIKASI KECEPATAN ANGIN DOMINAN DI KABUPATEN KETAPANG

**AJI SAPUTRO**

**NIM. H1071181024**

Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Sains
Di Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

**PROGRAM STUDI GEOFISKA**
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**
**UNIVERSITAS TANJUNGPURA**
**PONTIANAK**
**2025**

## LEMBAR PENGESAHAN

| | | |
|---|---|---|
| Judul Usulan Penelitian | : | Analisis Perbandingan Distribusi *Weibull* Dan *Rayleigh* Untuk Identifikasi Kecepatan Angin Dominan Di Kabupaten Ketapang |
| Nama | : | Aji Saputro |
| Nim | : | H1071181024 |
| Program Studi | : | Geofisika |
| Jurusan/Program Studi | : | Fisika/Geofisika |
| Tanggal Lulus | : | |
| SK Pembimbing | : | No. 1001/UN22.8/TD.06/2024 Tanggal 18 April 2024 |
| SK Penguji | : | No. 2218/UN22.8/TD.06/2025 Tanggal 15 Juli 2025 |

Dosen Pembimbing

| Pembimbing I | Pembimbing II |
|---|---|
| Dr. Yoga Satria Putra, S.Si., M.Si. | Hasanuddin, S.Si., M.Si., Ph.D. |
| NIP 197910252005011002 | NIP 198412162008121003 |

Dosen Penguji

| Ketua Penguji | Anggota Penguji |
|---|---|
| Riza Adriat, S.Si., M.Si. | Irfana Diah Faryuni, S.Si., M.Si. |
| NIP 198905162019031013 | NIP 198510132008122004 |
| Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji) | Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji) |
| Dr. Yoga Satria Putra, S.Si., M.Si. | Hasanuddin, S.Si., M.Si., Ph.D. |
| NIP 197910252005011002 | NIP 198412162008121003 |

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
NIP 197108022000031001

## PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aji Saputro

NIM : H1071181024

Program Studi/ Jurusan : Geofisika/ Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyatan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak,

Aji Saputro
H1071181024

**Analisis Perbandingan Distribusi *Weibull* dan *Rayleigh* Untuk Identifikasi Kecepatan Angin Dominan di Kabupaten Ketapang**

## Abstrak

Pemanfaatan energi terbarukan, khususnya energi angin, semakin penting di tengah kebutuhan akan alternatif energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Kabupaten Ketapang di Kalimantan Barat, berada di lokasi geografis yang terbuka terhadap angin Laut China Selatan, menunjukkan potensi besar untuk pengembangan energi angin. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan distribusi kecepatan angin di Kabupaten Ketapang menggunakan model distribusi *Weibull* dan *Rayleigh*, yang sering digunakan dalam studi energi angin. Metode yang digunakan adalah estimasi parameter distribusi dan uji kecocokan statistik RMSE, $R^2$ dan Chi Square. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi *Weibull* lebih cocok menggambarkan kecepatan angin dominan di Kabupaten Ketapang. Pada data BMKG, distribusi *Weibull* memiliki parameter k sebesar 2,314 dan c sebesar 2,19, dengan kecepatan angin dominan terdeteksi pada rentang 1 m/s hingga 2 m/s. Sementara itu, distribusi *Rayleigh* menunjukkan parameter yang sedikit lebih rendah dan kecocokan yang lebih buruk. Pada data Copernicus, distribusi *Weibull* juga menunjukkan kecocokan yang lebih baik dengan kecepatan angin dominan berada pada rentang 2 m/s hingga 4 m/s. Nilai uji RMSE, $R^2$ dan Chi Square untuk distribusi *Weibull* menunjukkan kecocokan yang lebih baik dibandingkan *Rayleigh*, baik pada data BMKG maupun Copernicus.

Kata kunci: Distribusi *Weibull,* Distribusi *Rayleigh*, Kecepatan Angin, Energi Angin, Kabupaten Ketapang.

***Comparison Analysis of Weibull and Rayleigh Distributions for Identifying Dominant Wind Speeds in Ketapang Regency***


***Abstract***

*The utilization of renewable energy, especially wind energy, is becoming increasingly important in response to the need for environmentally friendly and sustainable energy alternatives. Ketapang Regency in West Kalimantan, located geographically open to the winds of the South China Sea, shows great potential for wind energy development. This study aims to analyze and compare the wind speed distribution in Ketapang Regency using the Weibull and Rayleigh distribution models, which are commonly used in wind energy studies. The method used includes the estimation of distribution parameters and statistical fit tests with RMSE, $R^2$ dan Chi Square values. The results show that the Weibull distribution better represents the dominant wind speed in Ketapang Regency. In the BMKG data, the Weibull distribution has a parameter k of 2.314 and c of 2.19, with dominant wind speeds detected in the range of 1 m/s to 2 m/s. Meanwhile, the Rayleigh distribution shows slightly lower parameters and poorer fit. In the Copernicus data, the Weibull distribution also shows a better fit, with dominant wind speeds in the range of 2 m/s to 4 m/s. The RMSE, $R^2$ dan Chi Square test values for the Weibull distribution indicate a better fit compared to Rayleigh, both for the BMKG and Copernicus data.*



***Keywords****: Weibull* distribution, *Rayleigh* distribution, Wind speed, Wind energy, Ketapang Regency.

# PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul **"Analisis Perbandingan Distribusi *Weibull* Dan *Rayleigh* Untuk Identifikasi Kecepatan Angin Dominan Di Kabupaten Ketapang"**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Program Studi Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyadari bahwa terdapat berbagai hambatan dan tantangan yang harus diatasi. Namun, dengan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, Bapak Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti perkuliahan di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
2. Bapak Dr. Yoga Satria Putra, S.Si., M.Si., selaku Ketua Program Studi Geofisika Universitas Tanjungpura dan selaku pembimbing akademik serta selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Hasanuddin, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir
4. Bapak Riza Adriat, S.Si., M.Si., selaku penguji pertama yang telah memberikan saran dan masukan terkait penelitian penulis.
5. Ibu Irfana Diah Faryuni, S.Si., M.Sc., selaku penguji kedua yang telah memberikan saran dan masukan terkait penelitian penulis.

6. Seluruh staf pengajar dan civitas akademik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah membantu dan memberikan ilmu yang sangat berguna bagi penulis.
7. Keluarga penulis, yaitu Bapak dan Ibu, yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan semangat kepada penulis selama proses penulisan skripsi ini.
8. Teman-teman penulis yang selalu memberikan semangat, dukungan, serta motivasi bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
9. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama proses penulisan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan juga penulis dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang geofisika. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki beberapa kekurangan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang.

Pontianak,

Aji Saputro

# DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN ..... ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK ..... iii
Abstrak ..... iv
*Abstract* ..... v
PRAKATA ..... vi
DAFTAR ISI ..... viii
DAFTAR TABEL ..... x
DAFTAR GAMBAR ..... xi
DAFTAR LAMPIRAN ..... xii
BAB I PENDAHULUAN ..... 1
1.1 Latar belakang ..... 1
1.2 Rumusan masalah ..... 2
1.3 Tujuan penelitian ..... 3
1.4 Batasan masalah ..... 3
1.5 Manfaat penelitian ..... 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA ..... 4
2.1 Energi Angin ..... 4
2.2 Angin Monsun ..... 8
2.3 Klasifikasi Angin ..... 9
2.4 Kecepatan Angin ..... 10
2.5 Distribusi *Weibull* ..... 12
2.6 Distribusi *Rayleigh* ..... 13
2.7 Estimasi Parameter MLE *(Maximum Likelihood Estimation)* ..... 14
2.7.1 Distribusi *Weibull* ..... 14
2.7.2 Distribusi *Rayleigh* ..... 15
*2.7* Uji Kecocokan Distribusi ..... 15
2.6.1 Uji RMSE *(Root Mean Square Error)* ..... 15

2.6.2 Uji $R^2$ (Koefisien Determinasi) ..... 16
2.6.3 Uji *Chi-Square* ..... 16
BAB III METODE PENELITIAN ..... 17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian ..... 17
3.2 Alat dan Data ..... 17
3.3 Prosedur Penelitian ..... 18
3.2.1 Akuisisi Data ..... 18
3.2.2 Analisis Distribusi *Weibull* dan *Rayleigh* ..... 18
3.2.3 Analisis Perbandingan Distribusi *Weibull* dan *Rayleigh* ..... 19
3.3 Diagram Alir ..... 20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... 21
4.1 Analisis Data Kecepatan Angin ..... 21
4.1.1 Kecepatan Angin Rata-Rata BMKG ..... 21
4.1.2 Kecepatan Angin Rata-Rata Copernicus ..... 22
4.2 Distribusi Kecepatan Angin Dominan ..... 24
4.2.1 Distribusi Kecepatan Angin Dominan BMKG ..... 24
4.2.2 Distribusi Kecepatan Angin Dominan ERA 5 Copernicus ..... 25
4.3 Analisis Perbandingan Kecocokan Distribusi ..... 25
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN ..... 27
5.1 Kesimpulan ..... 27
5.2 Saran ..... 27
DAFTAR PUSTAKA ..... 28
LAMPIRAN ..... 30
Lampiran 1. 1 Data Peneltian ..... 30

# DAFTAR TABEL

**Tabel** **Halaman**

Tabel 2.1 Ringkasan data angin Indonesia (Martosaputro, 2014) .....10
Tabel 2.2 Klasifikasi kerapatan daya angin di ketinggian 10m dan 50m .....10
Tabel 2.3 Tingkatan kecepatan angin di ketinggian 10 m (Habibie, 2011) .....11
Tabel 3.1 Alat yang digunakan dalam penelitian .....18
Tabel 4.1 Uji kecocokan distribusi data BMKG .....26
Tabel 4. 2 Uji kecocokan distribusi data Copernicus .....26

# DAFTAR GAMBAR

**Gambar** **Halaman**

Gambar 2.1 Persentase Pembangkit Listrik Terbarukan Berdasarkan Teknologi Pada Tahun 2000 Hingga Tahun 2028 (IEA, 2023) ..... 5

Gambar 2.2 Proses Pembangkitan Energi Listrik Tenaga Angin (Fuadi, 2022) ... 6

Gambar 2.3 Potensi energi angin terhadap ketinggian (Infield, 2017) ..... 7

Gambar 2.4 Fungsi kerapatan probabilitas *Weibull* dengan varias parameter bentuk k = 1, 2, dan 3 (parameter skala c = 8) (Andrean, 2022) ..... 12

Gambar 2.5 Fungsi kerapatan probabilitas *Rayleigh* dengan berbagai parameter skala (c) (Andrean, 2022) ..... 14

Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian Kabupaten Ketapang ..... 17

Gambar 3.2 Flowchart Penelitian ..... 20

Gambar 4.1 Kecepatan angin bulanan BMKG ..... 21

Gambar 4.2 Kecepatan angin tahunan BMKG ..... 22

Gambar 4.3 Kecepatan angin bulanan Copernicus ..... 22

Gambar 4.4 Kecepatan angin tahunan Copernicus ..... 23

Gambar 4.5 PDF *Weibull* dan *Rayleigh* beserta histogram data aktual BMKG ..... 24

Gambar 4. 6 PDF *Weibul*l dan *Rayleigh* beserta histogram data aktual Copernicus..... 25

# DAFTAR LAMPIRAN

**Halaman**

Lampiran 1.1 Data Peneltian .....30

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar belakang

Pemanfaatan energi terbarukan semakin menjadi perhatian global dalam beberapa dekade terakhir. Hal ini disebabkan oleh kekhawatiran yang meningkat terhadap perubahan iklim dan kebutuhan akan alternatif yang lebih ramah lingkungan serta berkelanjutan dibandingkan dengan sumber energi fosil. Menurut Lund peralihan ke energi terbarukan adalah langkah yang sangat penting untuk mencapai sistem energi yang berkelanjutan dan mengurangi dampak lingkungan negatif yang disebabkan oleh penggunaan energi fosil (Lund, 2007). Energi terbarukan menyumbang lebih dari 30% dari produksi listrik dunia dan tren ini diproyeksikan akan terus meningkat (IEA, 2021). Indonesia merupakan negara kepulauan yang mempunyai sumber daya alam yang sangat melimpah ruah yang seharusnya bisa dimanfaatkan ebagai sumber energi tambahan untuk keberlangsungan hidup (Aini & Sudarti, 2023). Salah satu sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan dapat dimanfaatkan dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik adalah energi angin (Adlina et al., 2018).

Energi angin juga semakin dikenal di seluruh dunia sebagai alternatif berkelanjutan dan bersih untuk bahan bakar fosil tradisional. Sumber energi ini menjadi pilihan menarik terutama di daerah pesisir pantai yang umumnya memiliki angin laut yang konsisten, yang mana wilayah pesisir adalah daerah yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai energi angin (Sembiring et al., 2018). Salah satu daerah yang menunjukkan potensi ini adalah Kabupaten Ketapang di Kalimantan Barat, yang terletak di pesisir barat Pulau Kalimantan. Lokasi geografisnya yang terbuka terhadap angin dari Laut China Selatan memberikan peluang besar untuk pengembangan energi terbarukan seperti pembangkit listrik tenaga angin. Kabupaten Ketapang di Kalimantan Barat, yang terletak di pesisir barat Pulau Kalimantan, memiliki potensi besar untuk pengembangan energi angin berkat lokasinya yang terbuka terhadap angin Laut China Selatan. Penelitian Utami et al. (2018) menunjukkan bahwa Ketapang memiliki kecepatan angin tertinggi di Kalimantan Barat, menjadikannya lokasi ideal untuk penelitian ini

Distribusi kecepatan angin merupakan salah satu aspek penting yang perlu dianalisis dalam studi energi angin. Jenis distribusi statistik seperti *Weibull* dan *Rayleigh* sering digunakan dalam menganalisis data kecepatan angin. Distribusi *Weibull* dipilih karena kemampuannya menggambarkan variasi kecepatan angin, dengan fleksibilitas untuk mengakomodasi variasi dalam data, sementara distribusi *Rayleigh* lebih sederhana dan cocok untuk data angin dengan kecepatan yang stabil. Keduanya terbukti efektif dalam penelitian energi angin dan penting untuk perencanaan pembangkit listrik tenaga angin. Oleh karena itu, analisis perbandingan distribusi kecepatan angin, seperti *Weibull* dan *Rayleigh*, sangat penting untuk memperoleh gambaran yang jelas mengenai probabilitas kecepatan angin di Kabupaten Ketapang.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan distribusi kecepatan angin di Kabupaten Ketapang dengan menggunakan model distribusi *Weibull* dan *Rayleigh*. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menentukan distribusi yang paling akurat dalam memperkirakan probabilitas kecepatan angin di wilayah tersebut. Indonesia, dengan potensi energi terbarukan yang sangat besar, memiliki sumber daya angin yang tersebar di berbagai daerah, termasuk Kabupaten Ketapang. Hasil dari studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan bagi upaya Indonesia dalam mencapai target energi terbarukan yang ambisius dan juga diharapkan dapat memberikan panduan yang lebih baik dalam perencanaan dan implementasi proyek energi terbarukan di Kabupaten Ketapang, serta memberi kontribusi dalam pengembangan energi angin di wilayah lain dengan karakteristik angin serupa.

## 1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah pada skripsi ini antara lain:

1. Bagaimana menerapkan distribusi *Weibull* dan *Rayleigh* untuk menentukan kecepatan angin dominan di Kabupaten Ketapang?
2. Bagaimana menganalisis hasil perhitungan dengan distribusi *Weibull* dan *Rayleigh* di Kabupaten Ketapang?

## 1.3 Tujuan penelitian

Tujuan penelitian pada skripsi ini antara lain:

1. Menerapkan distribusi *Weibull* dan *Rayleigh* untuk menentukan kecepatan angin dominan di Kabupaten Ketapang.
2. Menganalisis hasil distribusi *Weibull* dan *Rayleigh* di Kabupaten Ketapang.

## 1.4 Batasan masalah

Batasan masalah pada skripsi ini antara lain:

1. Analisis ini hanya mencakup data kecepatan angin di Kabupaten Ketapang yang diperoleh selama periode waktu 10 tahun pada tahun 2015-2024
2. Distribusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah distribusi *Weibull* dan *Rayleigh*.
3. Penelitian ini fokus pada analisis probabilitas kecepatan angin dominan tanpa memperhitungkan aspek teknis lainnya seperti desain turbin atau faktor ekonomi.
4. Sumber data penelitian ini adalah data kecepatan angin dari reanalisis ERA5 melalui website ECMWF dan data observasi Stasiun Meteorologi Rahadi Oesman BMKG Kabupaten Ketapang selama 10 tahun.

## 1.5 Manfaat penelitian

Manfaat penelitian pada skripsi ini antara lain:

1. Menyediakan data dan analisis yang mendukung pengembangan energi angin di Kabupaten Ketapang.
2. Memberikan kontribusi dalam pemilihan model distribusi yang paling tepat untuk analisis kecepatan angin di wilayah yang memiliki karakteristik serupa dengan Kabupaten Ketapang.
3. Menambah wawasan ilmiah dalam bidang energi terbarukan, khususnya dalam analisis distribusi *Weibull* dan *Rayleigh* untuk kecepatan angin.