ANALISIS VARIABILITAS KECEPATAN DAN ARAH ANGIN DI KABUPATEN SAMBAS UNTUK KAJIAN AWAL ENERGI BAYU

SUGIYANTO
H1071181012

SKRIPSI

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

ANALISIS VARIABILITAS KECEPATAN DAN ARAH ANGIN DI KABUPATEN SAMBAS UNTUK KAJIAN AWAL ENERGI BAYU

SUGIYANTO
H1071181012

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Geofisika

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

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	:	Analisis Variabilitas Kecepatan dan Arah Angin di Kabupaten Sambas untuk Kajian Awal Energi Bayu
Nama Mahasiswa	:	Sugiyanto
NIM	:	H1071181012
Jurusan/Program Studi	:	Fisika/Geofisika
Tanggal Lulus	:	23 Juli 2025
SK Pembimbing	:	No. 883/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal: 17 Maret 2025
SK Penguji	:	No. 2217/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal: 15 Juli 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Yoga Satria Putra, S.Si., M.Si.	Muliadi, S.Si., M.Si.
NIP 197910252005011002	NIP 197005101999031003

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Dr. Andi Ihwan, S.Si., M.Si.	Radhitya Pradhana, S.Si., M.Sc.
NIP 197310082002121001	NIP 198911142019031011

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Dr. Yoga Satria Putra, S.Si., M.Si.	Muliadi, S.Si., M.Si.
NIP 197910252005011002	NIP 197005101999031003

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 : Sugiyanto

NIM : H1071181012

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, 23 Juli 2025



Sugiyanto

NIM H1071181012

Analisis Variabilitas Kecepatan dan Arah Angin di Kabupaten Sambas untuk Kajian Awal Energi Bayu

Abstrak

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia untuk melakukan berbagai kegiatan ekonomi yang penggunaannya hingga kini terus mengalami peningkatan. Sebagian besar pembangkit listrik masih bersumber dari energi fosil sehingga energi fosil akan semakin habis. Perlu adanya sumber energi alternatif untuk mengatasi permasalahan ini. Energi bayu merupakan salah satu energi terbarukan yang bisa menjadi solusi atas permasalahan tersebut. Indonesia memiliki potensi energi angin sebesar 154,9 GW dan di Kalimantan Barat sebesar 5,43 GW. Penentuan lokasi ladang angin perlu dilakukan dalam pengembangan energi bayu yang efisien dan berkelanjutan. Perhitungan potensi energi bayu di Kabupaten Sambas dilakukan dengan Distribusi *Weibull*, Distribusi *Rayleigh*, dan Metode *Wind Rose*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kecepatan dan arah angin dominan serta menganalisis potensi energi bayu untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di Kabupaten Sambas berdasarkan data kecepatan angin selama 5 tahun (2020-2024). Berdasarkan hasil analisis kecepatan angin yang dilakukan, selanjutnya dihitung kepadatan tenaga angin (WPD) untuk melihat potensi energi bayu di Kabupaten Sambas. Hasil yang diperoleh yaitu distribusi *Weibull* lebih cocok dalam menggambarkan kondisi angin di Kabupaten Sambas dengan kecepatan angin dominan sebesar 1,65-2,22 m/s dengan probabilitas 33,3% dan arah angin dominan berhembus dari arah Timur Laut. Potensi energi bayu di Kabupaten Sambas tergolong rendah berdasarkan hasil perhitungan kepadatan tenaga angin. Penelitian ini diharapkan menjadi salah satu alternatif dalam memetakan potensi energi bayu di Kabupaten Sambas menggunakan Distribusi *Weibull*, Distribusi *Rayleigh*, dan Metode *Wind Rose*.

Kata kunci: *Weibull, Rayleigh, Wind Rose, Goodness of Fit* dan Potensi Energi Angin

Analysis of Wind Speed and Direction Variability in Sambas Regency for a Preliminary Study of Wind Energy

Abstract

Electricity is one of the basic human needs for carrying out various economic activities, and its use continues to increase. Most power plants still rely on fossil fuels, which will eventually be depleted. There is a need for alternative energy sources to overcome this problem. Wind energy is one of the renewable energies that can be a solution to this problem. Indonesia has a wind energy potential of 154.9 GW and West Kalimantan has 5.43 GW. Determining the location of wind farms is necessary for the development of efficient and sustainable wind energy. The calculation of wind energy potential in Sambas Regency was carried out using the *Weibull* Distribution, *Rayleigh* Distribution, and Wind Rose Method. This study aims to analyze the dominant wind speed and direction and analyze the wind energy potential for Wind Power Plants (WPP) in Sambas Regency based on wind speed data for 5 years (2020-2024). Based on the results of the wind speed analysis, the wind power density (WPD) was then calculated to determine the wind energy potential in Sambas Regency. The results obtained show that the *Weibull* distribution is more suitable in describing wind conditions in Sambas Regency with a dominant wind speed of 1.65-2.22 m/s with a probability of 33.3% and a dominant wind direction blowing from the northeast. The wind energy potential in Sambas Regency is classified as low based on the results of wind power density calculations. This study is expected to be one of the alternatives in mapping wind energy potential in Sambas Regency using the *Weibull* Distribution, *Rayleigh* Distribution, and Wind Rose Method.

Keywords: *Weibull, Rayleigh, Wind Rose, Goodness of Fit, Wind Energy Potential*

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala, atas segala nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **"Analisis Variabilitas Kecepatan dan Arah Angin di Kabupaten Sambas untuk Kajian Awal Energi Bayu"** tepat pada waktunya. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam penyelesaian Program Sarjana Strata 1 (S1) dan mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si.) di Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak. Selama perkuliahan dan penelitian, penulis banyak mendapat bimbingan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis dengan tulus mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, 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 Pontianak.
2. Ketua Program Studi Geofisika sekaligus dosen pembimbing pertama yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
3. Pembimbing kedua, Bapak Muliadi, S.Si., M.Si. selaku pembimbing kedua yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
4. Pembimbing akademik sekaligus penguji pertama, Dr. Andi Ihwan, S.Si., M.Si. yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
5. Penguji kedua, Bapak Radhitya Perdhana, S.Si., M.Sc. yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
6. Orang tua penulis, Bapak Wagiman dan Ibu Casminah yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis selama perkuliahan.

7. Kakak dan adik penulis, Tugiatin dan Meliza Rizki Saputri serta keluarga besar Mbah Raniah yang senantiasa mendoakan dan memberikan semangat kepada penulis selama perkuliahan.
8. Rekan-rekan Setinggi Awan, Ngaji Rabu Malam, Dunia Sementara, dan Komunitas Cendekiawan yang telah mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis selama perkuliahan.
9. Para Ustadz di IKADI Kalbar dan KNRP Kalbar yang telah memberikan doa, dukungan, dan tempat tinggal kepada penulis selama masa perkuliahan.
10. Para Guru di Al-Izzah dan Sang Bintang *School* yang telah mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis selama perkuliahan.
11. Rekan-rekan Marmaron, Geo 18 Menuju *Voucher* 7 Tahun, dan Wakanda *Batch* I yang telah memberikan dukungan kepada penulis selama perkuliahan.
12. Rekan-rekan Komunitas CFD *for Palestine*, Aliansi Pemuda Kalbar Bela Palestina, FKMI Fikri, BKMI, FSLDK, KAMMI, HMG, HMGI, BEM, KAMELODI, FIDASTIK, Relawan LMI Kalbar dan *Fresh Syabab* FC yang telah memberikan dukungan kepada penulis selama perkuliahan.
13. Terakhir, terimakasih untuk diri sendiri karena telah mampu bekerja keras dan berjuang sejauh ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyususan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan. Maka dari itu penulis menerima kritik dan saran supaya tugas akhir ini menjadi lebih baik. Besar harapan penulis skripsi ini dapat bermanfaat untuk banyak orang.

Pontianak, 23 Juli 2025

Sugiyanto
NIM H1071181012

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
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 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Angin Monsun 5
2.2 Energi Terbarukan 6
2.3 Energi Bayu 7
2.4 Distribusi *Weibull* 10
2.5 Distribusi *Rayleigh* 11
2.6 Uji *Goodness of Fit* 12
2.6.1 Uji *Root Mean Square Error* (RMSE) 12
2.6.2 Uji *Chi-Square* (χ^2) 12
2.6.3 Uji Koefisien Determinasi (R^2) 13
2.7 Metode *Wind Rose* 13
2.8 Wind Power Density dan Wind Energy Density 14
BAB III METODE PENELITIAN 16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 16
3.2 Alat Penelitian 16
3.3 Data Penelitian 17

3.4 Prosedur Penelitian 17
3.4.1 Studi literatur 17
3.4.2 Akuisisi Data 17
3.4.3 Distribusi *Weibull* 17
3.4.4 Distribusi *Rayleigh* 18
3.4.5 Analisis Perbandingan Distribusi *Weibull* dan *Rayleigh* 18
3.4.6 Analisis Arah Angin (*Wind Rose*) 19
3.4.7 Analisis Potensi Energi Bayu 19
3.5 Diagram Alir Penelitian 20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 21
4.1 Analisis Pola Kecepatan Angin di Kabupaten Sambas 21
4.1.1 Analisis Kecepatan Rata-Rata 21
4.1.2 Analisis Kecepatan Angin Dominan 23
4.1.3 Analisis Arah Angin Dominan 26
4.2 Analisis Perbandingan Distribusi *Weibull* dan *Rayleigh* 30
4.3 Analisis Potensi Energi Bayu 32
BAB V SIMPULAN DAN SARAN 36
5.1 Simpulan 36
5.2 Saran 36
DAFTAR PUSTAKA 37
LAMPIRAN 42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Potensi dan pemanfaatan energi terbarukan tahun 2022..... 7
Tabel 2.2 Tingkatan kecepatan angin 10 meter di atas permukaan tanah..... 8
Tabel 2.3 Standar internasional klasifikasi daya angin pada ketinggian 10 m 14
Tabel 3.1 Alat yang digunakan dalam penelitian..... 16

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Potensi energi angin terhadap ketinggian 9
Gambar 2.2 Peta sebaran potensi energi bayu Indonesia 10
Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian Kabupaten Sambas 16
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian 20
Gambar 4.1 Kecepatan rata-rata tahunan selama 5 tahun 22
Gambar 4.2 Kecepatan rata-rata bulanan selama 5 tahun 22
Gambar 4.3 Grafik PDF *Weibull* dan PDF *Rayleigh* 25
Gambar 4.4 Grafik CDF *Weibull* dan CDF *Rayleigh* 26
Gambar 4.5 Diagram Wind Rose arah angin di Kabupaten Sambas selama 2020-2024 27
Gambar 4.6 Diagram Wind Rose kecepatan angin tahunan di Kabupaten Sambas selama periode 2020-2024 (a) 2020 (b) 2021 (c) 2022 (d) 2023 (e) 2024 28
Gambar 4.7 Diagram Wind Rose kecepatan angin bulanan di Kabupaten Sambas selama periode 2020-2024 (a) Januari (b) Februari (c) Maret (d) April (e) Mei (f) Juni (g) Juli (h) Agustus (i) September (j) Oktober (k) November dan (l) Desember 30
Gambar 4.8 Uji RMSE 31
Gambar 4.9 Uji χ^2 31
Gambar 4.10 Uji R^2 32
Gambar 4.11 WPD Tahunan 33
Gambar 4.12 WED Tahunan 33
Gambar 4.13 WPD Bulanan 34
Gambar 4.14 WED Bulanan 34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data kecepatan angin reanalisis di Kabupaten Sambas..... 42

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia untuk melakukan berbagai kegiatan ekonomi. Kebutuhan akan energi listrik hingga kini terus mengalami peningkatan seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan pertumbuhan kegiatan ekonomi (Sulaiman, 2024; Haref *et al*, 2024; Alnavis *et al*, 2024). Hingga kini, sebagian besar energi listrik di Indonesia masih bersumber dari bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil merupakan sumber energi tidak terbarukan yang suatu saat akan habis. Solusi untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan melakukan transisi energi fosil ke energi terbarukan. Salah satu potensi energi terbarukan di Indonesia adalah energi angin/bayu (Ar, 2018; Wildani, 2019; Khairiaton, 2016; Safrizal *et al*, 2021). Presiden Republik Indonesia melalui Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 mengeluarkan peraturan tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) yang berisi acuan dalam melakukan rencana pengembangan energi angin tiap Provinsi atau Rencana Umum Energi Daerah (RUED). Berdasarkan RUED tersebut, Provinsi Kalimantan Barat secara teoritis memiliki potensi energi angin sebesar 5,43 GW dari total potensi energi angin di Indonesia sebesar 154,9 GW (Kementerian ESDM, 2019). Kabupaten Sambas terletak di wilayah paling utara Provinsi Kalimantan Barat dan berbatasan langsung dengan laut Natuna serta negara Malaysia. Kabupaten Sambas memiliki wilayah pesisir pantai sejauh 198,76 km yang membentang di sepanjang pesisir utara Kalimantan Barat. Wilayah pesisir Kabupaten Sambas tersebar di beberapa kecamatan pesisir dari Kecamatan Selakau hingga Kecamatan Paloh (Pemerintah Kabupaten Sambas, n.d.). Wilayah pesisir ini merupakan daerah yang memiliki potensi energi angin yang cukup besar karena memiliki kecepatan angin yang lebih tinggi dan arah angin yang lebih konsisten dibandingkan dengan wilayah daratan (Sari, 2023). Penentuan lokasi ladang angin menjadi faktor terpenting dalam pengembangan energi angin yang efisien dan berkelanjutan. Lokasi ladang angin ini harus memiliki kecepatan angin yang konsisten dan memadai untuk memastikan kestabilan pasokan, efisiensi dan efektivitas PLTB. Oleh karena itu, analisis

variabilitas kecepatan dan arah angin menjadi langkah awal yang sangat penting untuk menganalisis potensi energi bayu di suatu wilayah (Faisal, 2022).

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengidentifikasi potensi energi bayu di berbagai daerah di Indonesia dengan menggunakan distribusi *Weibull* dan *Rayleigh* serta metode *Wind Rose*. Misalnya, penelitian yang telah dilakukan Widiyanto (2013) di Pesisir Cilacap dan juga Yendra *et al* (2018) di Pekanbaru menggunakan distribusi *Weibull* dan *Rayleigh* menemukan bahwa distribusi *Weibull* lebih akurat dalam memodelkan kecepatan angin dibandingkan distribusi *Rayleigh*. Saputra dan Sabiqunassabiqun (2024) juga telah menganalisis potensi energi angin di Gedung Hotel Cikarang menggunakan distribusi *Weibull* dan *Rayleigh* menemukan kecepatan angin dominan sebesar 3,125 m/s. Selain itu, Saputra (2022) juga telah mengidentifikasi potensi energi angin di Pantai Lhong Kabupaten Aceh Besar menggunakan distribusi *Weibull* dan mendapatkan kecepatan angin rata-rata yang terdistribusi mencapai 2 m/s sebesar 26% dan 3 m/s sebesar 25%. Priyanto *et al* (2018) juga telah melakukan studi potensi energi angin di Kota Banda Aceh dengan menggunakan distribusi *Rayleigh* dan mendapatkan kecepatan angin sebesar 4,4 m/s. Selain itu, Dewi *et al* (2022) telah menganalisis data kecepatan angin di Pulau Jawa dengan menggunakan distribusi *Weibull* memperoleh hasil kecepatan angin menurut Provinsi sebagai berikut, Provinsi Banten 2 m/s dengan probabilitas 65%, DKI Jakarta 3 m/s dengan probabilitas 30%, Jawa Barat 3 m/s dengan probabilitas 90%, Jawa Tengah 8 m/s dengan probabilitas 11%, Jawa Timur 7 m/s dengan probabilitas 7%, D.I. Yogyakarta kurang dari 1 m/s dengan probabilitas 98%. Tulandi *et al* (2020) telah melakukan penelitian untuk memprediksi arah angin di Bandara Sam Ratulangi Manado dengan menggunakan metode *Wind Rose* dan memperoleh hasil pengolahan data yang menunjukkan bahwa pola angin permukaan dominan bertiup dari arah 112-157 derajat (Tenggara) dengan persentase 8,73%. Analisis kondisi arah angin di wilayah Pesisir Kendari menggunakan *Wind Rose* juga telah dilakukan oleh Pramono *et al* (2022) dan memperoleh hasil arah angin dominan pada bulan-bulan di musim peralian mempunyai persentase lebih kecil daripada bulan-bulan lainnya sedangkan arah angin tertinggi dari arah barat dan barat daya terjadi pada bulan Desember, Januari,

Februari, serta pada bulan lainnya didominasi dari arah timur, tenggara, dan timur laut. Kurnia *et al* (2024) juga telah melakukan kajian potensi energi angin di Wilayah Pantai Kijing Kalimantan Barat dengan menggunakan metode *Wind Rose* dan memperoleh hasil kecepatan angin maksimum berada pada bulan Desember, Januari, dan Februari dengan arah angin dominan bergerak dari arah Utara.

Berdasarkan permasalahan dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian ini akan menganalisis variabilitas kecepatan dan arah angin di Kabupaten Sambas. Analisis variabilitas kecepatan dan arah angin di Kabupaten Sambas ini akan dilakukan menggunakan distribusi *Weibull* dan *Rayleigh* serta metode *Wind Rose*. Penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk identifikasi awal potensi energi angin di wilayah ini. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan energi terbarukan di Indonesia, khususnya pengembangan energi bayu di Kabupaten Sambas.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Bagaimana menganalisis kecepatan angin dominan di Kabupaten Sambas menggunakan distribusi *Weibull* dan *Rayleigh*?
2) Bagaimana membandingkan distribusi *Weibull* dan *Rayleigh* dalam kajian energi bayu di Kabupaten Sambas?
3) Bagaimana menganalisis arah angin dominan di Kabupaten Sambas menggunakan metode *Wind Rose*?
4) Bagaimana menganalisis potensi energi bayu di Kabupaten Sambas?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Menganalisis kecepatan angin dominan di Kabupaten Sambas menggunakan distribusi *Weibull* dan *Rayleigh.*
2) Menganalisis perbandingan distribusi *Weibull* dan *Rayleigh* dalam kajian energi bayu di Kabupaten Sambas.
3) Menganalisis arah angin dominan di Kabupaten Sambas menggunakan metode *Wind Rose.*
4) Menganalisis potensi energi bayu di Kabupaten Sambas.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Lokasi penelitian ini berada di Kabupaten Sambas, Provinsi Kalimantan Barat.
2) Data yang digunakan adalah data sekunder berupa data reanalisis kecepatan angin pada ketinggian 10 meter yang diperoleh dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF) selama 5 tahun mulai dari tahun 2020 sampai 2024.
3) Penelitian hanya berfokus untuk mengetahui potensi energi bayu di Kabupaten Sambas tanpa melihat aspek teknis seperti bentuk turbin dan juga aspek ekonomi.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Memberikan informasi terkait pengembangan energi terbarukan khususnya potensi energi bayu menggunakan distribusi *Weibull*, *Rayleigh,* dan metode *Wind Rose*
2) Sebagai dasar dalam perencanaan dan pengembangan energi bayu demi mendukung kebijakan pemerintah dalam transisi energi fosil ke energi terbarukan.