

**EVALUASI KORELASI UNSUR PARAMETER *GAS ANALYZER* DAN  
PERANGKAT PENGUKUR KECEPATAN SERTA ARAH ANGIN  
DENGAN BANTUAN KOMPUTASIONAL PYTHON**

**(Skripsi)**

Oleh

**IRFAN MIRDA**

**2015031002**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2024**

## ABSTRAK

### EVALUASI KORELASI UNSUR PARAMETER *GAS ANALYZER* DAN PERANGKAT PENGUKUR KECEPATAN SERTA ARAH ANGIN DENGAN BANTUAN KOMPUTASIONAL PYTHON

Oleh

Irfan Mirda

Perubahan iklim yang disebabkan oleh manusia merupakan konsekuensi dari lebih dari seabad emisi Gas Rumah Kaca (GHG). Dalam upaya menangani perubahan iklim, berbagai metode pengukuran emisi dan stok karbon telah dikembangkan, salah satunya adalah metode *eddy covariance*. Metode *eddy covariance* yang berkembang saat ini memerlukan perangkat *gas analyzer* dan perangkat pengukur kecepatan serta arah angin tiga dimensi. Untuk mendapatkan hasil model data yang akurat, analisis korelasi menjadi suatu kebutuhan untuk memahami hubungan antar variabel output perangkat. Oleh karena itu, penulis telah mengembangkan algoritma penyesuaian dan korelasi data guna mendukung pengembangan model data dengan baik.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk melakukan analisis korelasi antara data *gas analyzer* dan perangkat pengukur kecepatan serta arah angin tiga dimensi menggunakan metode korelasi seperti *pearson*, *sirkuler linier*, dan *canonical correlation analysis*. Selain itu, penelitian ini bertujuan membangun algoritma *exploratory data analysis* (EDA) dan korelasi dengan bantuan komputasi Python dari data multiparameter perangkat *gas analyzer* dan perangkat pengukur kecepatan serta arah angin tiga dimensi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang relevan antara variabel perangkat *gas analyzer* dan 3D anemometer, dengan signifikansi yang bervariasi tergantung pada skenario pengujian. Informasi ini memiliki implikasi penting dalam pembuatan model dan analisis data selanjutnya untuk kedua perangkat. Penelitian ini juga telah berhasil membangun algoritma *exploratory data analysis* yang relevan dan efektif, memudahkan analisis data untuk pemahaman dan pengolahan data yang lebih baik.

**Kata kunci:** Gas Rumah Kaca (*Greenhouse Gases*), *Eddy Covariance*, *Correlation Analysis*, *Exploratory Data Analysis* (EDA).

**ABSTRACT****EVALUASI KORELASI UNSUR PARAMETER *GAS ANALYZER* DAN PERANGKAT PENGUKUR KECEPATAN SERTA ARAH ANGIN DENGAN BANTUAN KOMPUTASIONAL PYTHON****By****Irfan Mirda**

Human-induced climate change is a consequence of over a century of greenhouse gas (GHG) emissions. In the effort to address climate change, various methods for measuring emissions and carbon stocks have been developed, including the eddy covariance method. The current development of eddy covariance methods requires a gas analyzers and a three-dimensional wind speed and direction measurement devices. To obtain accurate data modelling results, correlation analysis is essential to understand the relationships among the device output variables. Therefore, through this research, data adjustment and correlation algorithm were developed to support the development of data models properly.

This research aims to analyze the correlation between gas analyzer data and three-dimensional wind speed and direction measurement devices using correlation methods such as Pearson, circular linear, and canonical correlation analysis. Additionally, this research also aims to construct exploratory data analysis (EDA) and correlation algorithms by using Python programming and computation for multiparameter data from gas analyzers and three-dimensional wind speed and direction measuring devices.

The research findings indicate that there are relevant relationships between the variables of device gas analyzer and the 3D anemometer, with significance varying depending on the test scenarios. This information has crucial implications for further modeling and data analysis of both devices. The research has also successfully built a relevant and effective exploratory data analysis algorithm, facilitating data analysis for better data understanding and processing.

**Keywords:** *Greenhouse Gases (GHG), Eddy Covariance, Correlation Analysis, Exploratory Data Analysis (EDA).*

**EVALUASI KORELASI UNSUR PARAMETER *GAS ANALYZER* DAN  
PERANGKAT PENGUKUR KECEPATAN SERTA ARAH ANGIN  
DENGAN BANTUAN KOMPUTASIONAL PYTHON**

Oleh  
**IRFAN MIRDA**

Skripsi  
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA TEKNIK**

Pada  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2024**



**Judul Skripsi : EVALUASI KORELASI UNSUR  
PARAMETER GAS ANALYZER DAN  
PERANGKAT PENGUKUR KECEPATAN  
SERTA ARAH ANGIN DENGAN BANTUAN  
KOMPUTASIONAL PYTHON**

**Nama Mahasiswa : Irfan Mirda**

**Nomor Pokok Mahasiswa : 2015031002**

**Program Studi : Teknik Elektro**

**Fakultas : Teknik**



**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

**Dr. -ing. Melvi, S.T., M.T.**

**NIP. 197301182000032001**

**Dr. -ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.**

**NIP. 197311281999031005**

**2. Mengetahui**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Herlinawati, S.T., M.T.**

**NIP. 197103141999032001**

**Ketua Program Studi Teknik Elektro**

**Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.**

**NIP. 197404222000122001**



**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

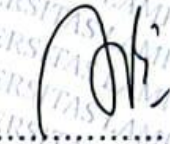
**Ketua**

**: Dr.-ing. Melvi, S.T., M.T.**



**Sekretaris**

**: Dr.-ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.**

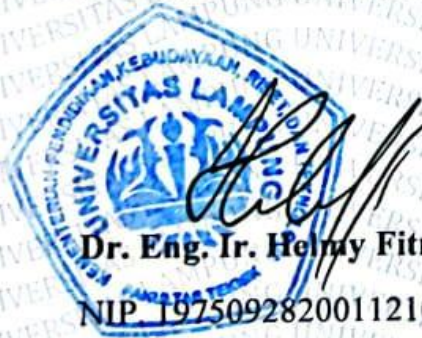
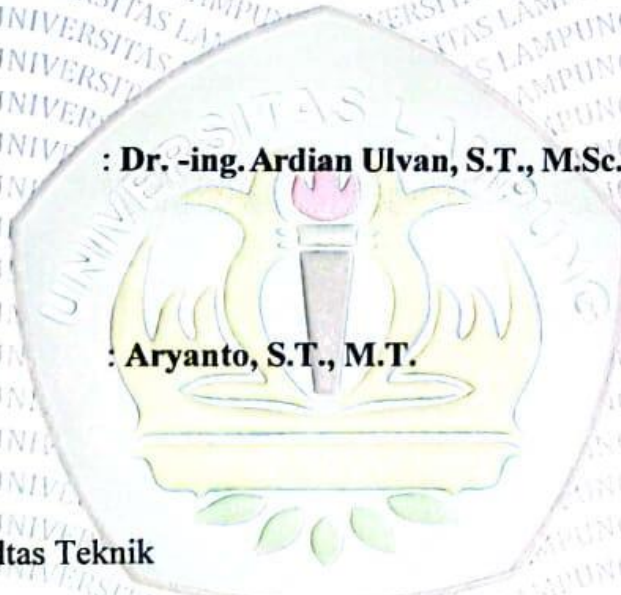


**Penguji**

**: Aryanto, S.T., M.T.**



**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**

**NIP. 197509282001121002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 Januari 2024**



## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar Pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi akademik sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 Januari 2024



**Irfan Mirda**

NPM. 2015031002

## RIWAYAT HIDUP



Saya Lahir di Mataram Baru, pada tanggal 22 Oktober 2002 sebagai anak bungsu dari 6 bersaudara, anak dari bapak Jamal Mirda dan ibu Irawati. Pendidikan Sekolah Dasar diselesaikan di SDN 3 Mataram Baru pada tahun 2014, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Bandar Sribhawono diselesaikan pada tahun 2017, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Bandar Sribhawono diselesaikan pada tahun 2020. Pada tahun

2020 saya terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (PRESTASI), saya telah aktif terlibat dalam berbagai kegiatan akademik dan organisasi. Selama 2 periode kepengurusan, saya menjabat sebagai sekretaris dan kepala departemen pengembangan keteknikan di Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro. Selain itu, saya juga menjadi beswan aktif di Yayasan Karya Salemba Empat, menjabat sebagai kepala divisi Pendidikan, Riset, dan Teknologi di Paguyuban KSE Universitas Lampung.

Sebagai anggota aktif, saya turut serta dalam beberapa organisasi lain seperti BEM FT, FOSSI FT, UKM Sains dan Teknologi Universitas Lampung, dan Ikatan Mahasiswa Lampung Timur. Saya juga aktif mengikuti lomba kepenulisan dan teknologi serta berhasil meraih prestasi di beberapa kompetisi, termasuk juara 1 pada *International Prototype Competition* di Institut Teknologi Sumatera, juara 1 *Science Hackfest* yang diselenggarakan oleh PT. Sucofindo, juara 2 pada lomba Abdidaya Ormawa yang diselenggarakan Kemendikbudristek, juara 2 Essai Mahasiswa oleh Amcolabora Institute, dan juara 3 Essai Mahasiswa oleh Himafi Universitas Jember.



Pada semester 5, saya memilih mengambil konsentrasi Telekomunikasi dan Teknologi Informasi (TELTI) dan telah mengikuti kegiatan MSIB di BISA AI Academy, dengan fokus pada bidang AI (*Data Science*). Saya juga mendapatkan berbagai penghargaan dan pendanaan, termasuk juara pada *Technology for Indonesia* (TFI) selama 2 tahun, PPK Ormawa Kemendikbud Ristek sebanyak 2 kali, dan pendanaan riset sawit tingkat mahasiswa oleh BPDPKS RI.

Prestasi-prestasi ini mencerminkan komitmen saya terhadap pengembangan diri, kontribusi dalam bidang teknologi, dan partisipasi aktif dalam kehidupan kampus. Saya berharap dapat terus berkontribusi dalam meningkatkan kualitas dan eksplorasi di dunia teknologi melalui perjalanan akademis dan kegiatan organisasi saya.

**PERSEMBAHAN**

Dengan Ridho Allah SWT

Teriring shalawat kepada Nabi Muhammad SAW Kupersembahkan Skripsi ini

Kepada Papi dan Mamiku Tersayang

**JAMAL MIRDA DAN IRAWATI**

Dan Kakak-kakakku Tercinta

**Kiyay IWAN IRAWAN MIRDA**

**Daing INDRA MIRDA**

**Batin IBRAHIM MIRDA**

**Duka IMRON MIRDA**

**Ratu SITI JARLINA**

Serta keluarga besarku yang tidak bisa ku balas jasa jasanya sampai akhir hayat.

## MOTTO

“Sesungguhnya urusan-Nya menciptakan segala sesuatu sangatlah mudah bagi-Nya. Apabila Dia menghendaki untuk menciptakan sesuatu, Dia hanya berkata kepadanya, “Jadilah!” Maka dengan serta-merta jadilah sesuatu yang dikehendaki-Nya itu”

(Q.S Yasin: 82)

“Cukuplah Allah (menjadi penolong) bagi kami dan Dia sebaik-baik pelindung”

(Q.S Ali Imran: 173)

“Balas dendam terbaik adalah menjadikan dirimu lebih baik”

(Ali Bin Abi Thalib)

“Tanpa cinta kecerdasan itu berbahaya, dan tanpa kecerdasan cinta itu tidak cukup”

(Prof. Dr.-Ing. Ir. H. Bacharuddin Jusuf Habibie, FREng.)

“Kejar masa depan dan belajar dari masa lalu”

(Penulis)



## SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala karunia, hidayah, serta inayah-Nya kepada penulis, sehingga laporan skripsi ini yang berjudul **“Evaluasi Korelasi Unsur Parameter Gas Analyzer Dan Perangkat Pengukur Kecepatan Serta Arah Angin Dengan Bantuan Komputasional Python”** dapat selesai tepat pada waktunya. Yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Shalawat serta salam selalu tercurah kepada junjungan seluruh alam, Nabi Muhammad SAW. sahabatnya, serta para pengikutnya yang selalu istiqomah diatas jalan agama islam hingga hari akhir zaman. Selama menjalani pengerjaan Skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan pemikiran maupun dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

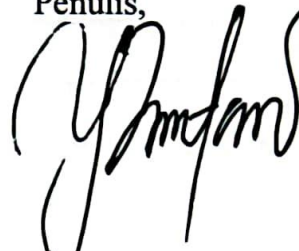
1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung, sekaligus Dosen Pembimbing Pendamping.
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung
5. Ibu Dr. -ing. Melvi, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Telekomunikasi Informasi, sekaligus pembimbing tugas akhir dan telah banyak membantu memberikan kritik, saran, dan motivasi yang bermanfaat bagi penulis.

6. Bapak Dr. -ing. Ardian Ulvan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pendamping, yang telah banyak membimbing dan memberi dukungan kepada penulis.
7. Bapak Aryanto, S.T., M.T. selaku dosen penguji utama, yang telah banyak membimbing dan memberi dukungan kepada penulis.
8. Bapak Dr. Eng. Ageng Sadnowo Repelianto, S.T., M.T sebagai Dosen Pembimbing Akademik, yang telah banyak membimbing dan membantu penulis selama menjalani kuliah.
9. Seluruh Dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan
10. Papi dan mamiku tersayang yang telah memberikan dukungan moril dan materil selama menjalani kuliah.
11. Kakak kakak dan keluargaku tercinta, yang telah memberikan penulis motivasi dan senantiasa memberikan semangat selama berkuliah.
12. Yayasan Karya Salemba Empat yang telah memberikan beasiswa, motivasi, relasi, dan program yang luar biasa yang telah membantu penulis.
13. TELTI 20, sahabat karibku, kenangan kita bersama yang akan aku kenang selama berjuang dimedan yang sama.
14. Sahabat dekat ku tim PPK Ormawa Petengoran dan Eddy station team, yang telah menjadi bagian penting dalam perjuanganku.
15. Keluarga besar HELLIOS Angkatan 2020, yang telah memberikan banyak motivasi, dan bantuan dalam berbagai hal.
16. Keluarga besar HIMATRO UNILA, yang telah menjadi wadah dalam mengembangkan nilai-nilai organisasi bagi penulis.
17. Keluarga besar PAGUYUBAN KSE Universitas Lampung, yang telah memberikan teman teman luar biasa dan banyak memotivasi penulis.
18. Bilqis Nabilla Fatin Tirtayasa yang telah menemani dan memberi dukungan kepada penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
19. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan terlibat langsung maupun tidak langsung yang telah membantu penulis dalam pembuatan skripsi.

Semoga Allah SWT membalas semua perbuatan dan kebaikan yang telah diberikan kepada Penulis sampai dengan terselesaikannya Skripsi ini. Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan, baik dari segi penyusunan maupun pemilihan kata. Maka dari itu penulis terbuka untuk menerima masukan kritik dan saran yang dapat membangun penulis kedepannya. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 22 Januari 2024

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Irfan Mirda', with a long horizontal stroke extending to the right.

**Irfan Mirda**

NPM. 2015031002



## DAFTAR ISI

Halaman

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>SURAT PERNYATAAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>viii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>x</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>xi</b>
<b>SANWANCANA .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xviii</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	5
1.3. Rumusan Masalah.....	5
1.4. Batasan Masalah .....	6
1.5. Manfaat Penelitian .....	6
1.6. Sistematika Penulisan .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>8</b>
2.1. Penelitian Terdahulu .....	8
2.2. Iklim dan Perubahan Iklim.....	10
2.3. <i>Gas Analyzer</i> .....	11

2.4. <i>Three Dimensional Anemometer</i> .....	12
2.5. Python .....	14
2.6. <i>Pearson Correllation</i> .....	15
2.7. <i>Sirkuler Linier Correlation</i> .....	16
2.8. <i>Canonical Correlation Analysis</i> .....	17
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.2. Komponen dan Perangkat Lunak .....	19
3.3. Jenis Penelitian .....	19
3.4. Sumber Data .....	20
3.5. Tahapan Penelitian .....	21
3.6. Skenario Penelitian .....	23
3.6.1. Diagram Alir Tiga Skenario .....	23
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>25</b>
5.1. Kesimpulan .....	25
5.2. Saran.....	26
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>27</b>

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1. <i>Gas analyzer</i> .....	12
Gambar 2.2. 3D anemometer .....	14
Gambar 3.1. Perangkat <i>gas analyzer</i> dan 3D anemometer .....	21
Gambar 3.2. Diagram alir tahapan penelitian .....	22
Gambar 3.3. Diagram alir tiga skenario .....	23



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1. Parameter arah angin.....	13
Tabel 2.2. Klasifikasi koefisien korelasi .....	16
Tabel 3.1. Komponen dan perangkat lunak .....	19

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perubahan iklim yang disebabkan oleh manusia adalah hasil dari lebih dari seabad emisi GHG (*Greenhouse Gases*) akibat penggunaan energi, perubahan penggunaan lahan, gaya hidup, dan pola konsumsi serta produksi. Bukti ilmiah yang kumulatif menegaskan bahwa perubahan iklim adalah ancaman serius bagi kesejahteraan manusia dan kesehatan planet bumi. Setiap penundaan lebih lanjut dalam tindakan global yang terpadu untuk adaptasi dan mitigasi akan melewatkan kesempatan singkat yang cepat menipis untuk menjamin masa depan yang layak dan berkelanjutan bagi semua orang.

Pemanasan global saat ini merupakan hasil langsung dari penggunaan energi dan lahan yang tidak berkelanjutan serta pembakaran bahan bakar fosil selama ini. Suhu permukaan dunia telah meningkat  $1,1^{\circ}\text{C}$  dari tahun 1850-1900, mencapai puncaknya pada dekade 2011-2020, menyebabkan kerusakan besar pada alam dan manusia. Peningkatan suhu yang diproyeksikan hingga paruh pertama tahun 2030-an diperkirakan mencapai  $1,5^{\circ}\text{C}$ , yang mempersulit upaya pengendalian kenaikan suhu hingga  $2,0^{\circ}\text{C}$  di akhir abad ini.

Selain itu, meskipun upaya dilakukan untuk membatasi kenaikan suhu permukaan global, kenaikan permukaan laut tetap menjadi ancaman jangka panjang. Hal ini disebabkan oleh pemanasan laut dalam dan pelelehan es yang berkelanjutan. Dalam beberapa skenario, permukaan laut diperkirakan naik hingga 1,01 m pada tahun 2100 dan bahkan hingga 6 m dalam 2000 tahun ke depan jika pemanasan tidak dapat dibatasi dengan baik [1].

Komitmen negara-negara dalam mengatasi perubahan iklim salah satunya terdapat pada perjanjian Paris. Perjanjian Paris merupakan kesepakatan global yang monumental untuk menghadapi perubahan iklim. Komitmen negara-negara dinyatakan melalui NDC (*Nationally Determined Contributions*) untuk periode 2020-2030, Dalam mencapai tujuan Perjanjian Paris, mengurangi emisi dari deforestasi dan degradasi hutan menjadi hal yang krusial. Negara-negara, termasuk Indonesia, yang berkomitmen dalam hal ini menghadapi tantangan kompleks dalam desain dan implementasi NDC. Sementara itu banyak aspek, termasuk integrasi dengan REDD+ (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*), memerlukan perhatian lebih lanjut. Keberhasilan upaya ini membutuhkan kebijakan yang tepat, mulai dari rehabilitasi hutan hingga proyek konservasi karbon khusus lokasi [2].

Tindakan mitigasi klimatologi yang dikenal dengan nama REDD+ telah menjadi instrumen kunci di bawah UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) sejak kesepakatan pada COP-16 pada Desember 2010, terutama bagi negara-negara berkembang. REDD+ dirancang untuk mengurangi emisi yang berasal dari deforestasi dan degradasi hutan, melestarikan stok karbon hutan, mendorong pengelolaan hutan yang berkelanjutan, serta meningkatkan stok karbon dalam hutan. Inisiatif ini menyoroti pentingnya menjaga hutan sebagai upaya konkret dalam menghadapi perubahan iklim.

Dengan melihat urgensi dan skala tantangan perubahan iklim, pentingnya REDD+ menjadi semakin jelas. Hutan tidak hanya berperan sebagai penyerap karbon, tetapi juga sebagai penyangga keanekaragaman hayati dan penyedia layanan ekosistem yang esensial bagi masyarakat sekitarnya. Oleh karena itu, kesuksesan implementasi REDD+ tidak hanya berkontribusi pada pengurangan emisi global, tetapi juga mendukung keberlanjutan sumber daya alam dan meningkatkan kualitas hidup bagi komunitas yang bergantung pada hutan. Upaya ini memerlukan kerja sama internasional, pendanaan yang memadai, dan dukungan teknologi untuk memastikan efektivitas dan dampak positif jangka panjang dari inisiatif REDD+ [3].

Dalam hal ini penting diperhatikan, bahwa dalam penanganan perubahan iklim tentunya akan banyak sekali parameter kompleks yang menjadi tolak ukur data pengukuran estimasi stok karbon dan pertukaran karbon di suatu daerah. Dalam estimasi banyak sekali metode yang dapat dilakukan dan memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Metode pemotongan atau destruktif dianggap sebagai salah satu teknik paling akurat dalam mengestimasi biomassa hutan. Namun, metode ini memiliki kelemahan yaitu menyebabkan hilangnya pohon yang menjadi bagian penting dari ekosistem hutan. Sementara itu, metode penginderaan jauh, meskipun memberikan keuntungan dalam pemetaan skala besar, membutuhkan validasi intensif dari data lapangan yang dikumpulkan untuk memastikan akurasi. Dalam konteks ini, pendekatan berbasis persamaan *alometrik non-destruktif* muncul sebagai alternatif yang menjanjikan. Pendekatan ini memanfaatkan parameter yang dapat diukur, seperti diameter batang, tinggi pohon, dan *wood specific gravity* (WSG), untuk menghitung estimasi biomassa dan stok karbon. Namun, salah satu tantangan utama dalam pendekatan ini adalah pemilihan persamaan *alometrik* yang tepat. Kesalahan dalam pemilihan ini dapat menyebabkan deviasi signifikan dalam hasil estimasi, seperti yang telah diungkapkan dalam beberapa penelitian sebelumnya [4:5:6].

Selain estimasi stok karbon, hal penting lainnya untuk diketahui adalah pertukaran karbon di suatu wilayah. Terdapat suatu metode yang biasa dilakukan dalam hal ini yaitu *eddy covariance*. Metode *eddy covariance* untuk mengukur pertukaran panas, massa, dan momentum antara permukaan datar dan homogen dengan atmosfer di atasnya pertama kali diajukan oleh Montgomery, Swinbank, dan Obukhov. Dalam kondisi-kondisi tersebut, transportasi bersih antara permukaan dan atmosfer bersifat satu dimensi dan kepadatan aliran vertikal dapat dihitung berdasarkan kovariansi antara fluktuasi angin vertikal turbulen dan kuantitas yang diminati.

Metode *eddy covariance* memberikan alat penting dalam penelitian ekologi dan klimatologi, memungkinkan pengukuran *real-time* dari pertukaran gas rumah kaca antara ekosistem dan atmosfer. Dengan kemampuannya menghasilkan data kontinu dan tanpa gangguan, teknik ini memajukan pemahaman kita tentang dinamika

ekosistem, seperti produktivitas dan respirasi, serta respons mereka terhadap variabel lingkungan. Terlebih lagi, metode ini dapat diintegrasikan dengan teknologi lain, memperkaya analisis dan kontribusinya terhadap studi perubahan iklim, memberi kita wawasan mendalam tentang bagaimana perubahan iklim mempengaruhi siklus karbon global [7].

Metode *eddy covariance* dalam mengukur pertukaran gas memiliki banyak parameter yang saling terkait dan mempengaruhi satu sama lainnya. Saat ini perangkat pengukur yang menerapkan *eddy covariance* setidaknya memiliki dua perangkat pengukuran yang digabungkan dalam satu sistem yaitu *gas analyzer* dan perangkat pengukur kecepatan serta arah angin *three dimensional*. Pada saat ini Laboratorium Teknik Telekomunikasi Universitas Lampung sedang melakukan riset dan pengujian terhadap dua perangkat ini. Dengan *output* data yang masif dan banyak, maka analisa data *multivariable* dan korelasi menjadi salah satu hal penting untuk mengetahui hubungan data pada lingkungan pengujian.

Analisis korelasi adalah alat penting dalam statistik yang memungkinkan peneliti untuk menilai dan memahami hubungan antara dua atau lebih variabel kuantitatif. Dengan mengetahui sejauh mana dua variabel berhubungan, para peneliti dapat memprediksi perubahan dalam satu variabel berdasarkan perubahan dalam variabel lain. Koefisien korelasi, yang nilainya berkisar antara -1 hingga +1, memberikan wawasan mendalam tentang kekuatan dan arah hubungan tersebut. Dengan demikian, analisis korelasi menjadi esensial dalam banyak bidang, dari ilmu sosial hingga ilmu alam, karena memberikan informasi kritis tentang interaksi dan asosiasi antar variabel, membantu dalam pengambilan keputusan dan pengembangan model prediktif [8]. Analisis korelasi dilakukan, dengan bantuan *computational Python*, *library Python* menjadi pondasi utama dalam menganalisis korelasi ini, dirancang khusus untuk visualisasi dan interpretasi data paleoklimat yang intuitif. Kode ini mengintegrasikan teknik-teknik terbaru dalam komputasi sambil menjaga kejelasan dan efisiensi dalam prosesnya [9].



Dengan urgensi ini maka melalui penelitian skripsi ini dilakukan analisis korelasi antara unsur parameter *gas analyzer* dengan perangkat pengukur kecepatan serta arah angin *three dimensional* dengan memperhatikan semua parameter. Analisis juga menerapkan beberapa metode korelasi dengan menggunakan *komputational Python*. Dengan demikian hubungan antar variabel dapat diketahui dan ditentukan derajat korelasi dan asosiasinya, sehingga dapat dimanfaatkan menjadi dasar data untuk pengembangan sistem berbasis *artificial intelligence*.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui korelasi data *gas analyzer* dan perangkat pengukur kecepatan serta arah angin *three dimensional* dengan menggunakan metode korelasi *Pearson*, *sirkuler liner* dan *canonical correlation analysis*.
2. Mendapatkan algoritma *exploratory data analysis* (EDA) dan korelasi dengan bantuan *komputational Python* dari data multiparameter perangkat *gas analyzer* dan perangkat pengukur kecepatan serta arah angin *three dimensional*.

## 1.3. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan analisis korelasi dan hubungan unsur parameter data *gas analyzer* dan perangkat pengukur kecepatan serta arah angin *three dimensional*.
2. Apa strategi perancangan dan pembangunan algoritma *exploratory data analysis* (EDA) dan korelasi data dari variabel *gas analyzer* dan perangkat pengukur kecepatan serta arah angin *three dimensional*.

#### 1.4. Batasan Masalah

Masalah yang diidentifikasi dan dikaji pada penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Sumber data adalah hasil *capturing* dari perangkat *gas analyzer* dan perangkat pengukur kecepatan serta arah angin *three dimensional* milik Laboratorium Teknik Telekomunikasi Universitas Lampung selama 7 hari.
2. Data yang dianalisa memiliki *time-stamp* berbeda antara *gas analyzer* dan perangkat pengukur kecepatan serta arah angin *three dimensional*.
3. Penempatan perangkat berada pada lingkungan yang relevan.
4. Penelitian hanya membahas hingga algoritma *exploratory data analysis* (EDA) dan korelasi.
5. Variabel analisis hanyalah variabel kecepatan angin dan arah angin dari perangkat pengukur kecepatan serta arah angin *three dimensional* dan konsentrasi CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>O di udara dari *gas analyzer*.

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan informasi hasil analisa korelasi antara *gas analyzer* dan perangkat pengukur kecepatan serta arah angin *three dimensional* secara lengkap di setiap variabel.
2. Hasil penelitian berupa algoritma dapat diterapkan pada analisa lainnya menyangkut *gas analyzer* dan perangkat pengukur kecepatan serta arah angin *three dimensional*.
3. Sebagai landasan untuk penelitian dan pengembangan sistem AI selanjutnya.

#### 1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada penelitian ini bertujuan untuk memberikan suatu gambaran utuh mengenai pembahasan skripsi serta untuk

memudahkan pemahaman materi pada penelitian ini yang dituliskan menjadi beberapa bab, sebagai berikut:

### **BAB I. PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang masalah, tujuan penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika ke penulisan pada penelitian ini.

### **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan tentang teori pendukung yang menjadi pengantar pemahaman dan berkaitan dengan materi penelitian yang diambil dari berbagai sumber ilmiah seperti buku dan jurnal.

### **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan spesifik mengenai metodologi penelitian yang akan dilaksanakan diantaranya seperti waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam pengerjaan penelitian serta metode dan diagram penelitian yang akan digunakan dalam pengerjaan penelitian tugas akhir ini.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan tentang hasil dan analisa data yang didapatkan dari algoritma dan sistem yang dikembangkan pada penelitian ini

### **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisikan kesimpulan yang didapat dari hasil analisa dan pembahasan dan juga berisikan saran yang membangun bagi semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan tugas akhir.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Bab ini berisikan referensi dari penulisan dan pelaksanaan penelitian.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian skripsi ini dibuat dengan memperhatikan analisa dan hasil dari penelitian sebelumnya dalam beberapa tahun terakhir. Terdapat beberapa penelitian seperti yang pertama yaitu penelitian yang dilakukan oleh Muhaidat, dkk pada tahun 2022 dengan judul “*Predicting COVID-19 future trends for different European countries using pearson correlation*” [10]. Dalam penelitian ini metode korelasi *Pearson* digunakan untuk menganalisis hubungan antar negara berdasarkan data harian kasus COVID-19 yang berkelanjutan. Menggunakan data yang dikumpulkan sejak akhir Januari 2020, analisis dilakukan untuk mengetahui seberapa erat hubungan antara negara-negara tertentu dalam respons mereka terhadap pandemi. Data ini dianalisis menggunakan Microsoft Excel dan diperiksa untuk mengetahui pola dan keterlambatan antara puncak infeksi di berbagai negara. Meskipun teks asli tidak menyebutkan secara eksplisit, jika metode korelasi *Pearson* digunakan, biasanya diasumsikan bahwa data memiliki distribusi normal. Selain itu, mengingat data tersebut berupa catatan kasus harian, kita dapat mengasumsikan bahwa data tersebut bersifat kontinu.

Penelitian lainnya yang relevan dilakukan oleh Wang dkk., pada tahun 2021 dengan judul “*Circular-linear-linear probabilistic model based on vine copulas: An application to the joint distribution of wind direction, wind speed, and air temperature*” [11]. Fokus penelitian ini ada pada pengembangan suatu kerangka kerja pemodelan untuk menganalisis distribusi gabungan dari data set yang menggabungkan data sirkuler dan linier, khususnya dari observasi arah angin, kecepatan angin, dan suhu udara. Data arah angin bersifat sirkuler, di mana nilainya didefinisikan dalam siklus tertentu, sementara kecepatan angin dan suhu udara

adalah data kontinu. Untuk mengatasi kompleksitas yang muncul dari kombinasi tipe data ini, peneliti memanfaatkan pendekatan berbasis copulas untuk memodelkan struktur ketergantungannya. Pendekatan sirkuler-linier ini memungkinkan analisis yang lebih tepat dari ketergantungan antara variabel sirkuler dan linier, mengakomodasi sifat siklik dari data sirkuler seperti arah angin.

Pada penelitian ketiga adalah penelitian yang dilakukan oleh Chen, dkk., di tahun 2018 dengan judul “*A cumulative canonical correlation analysis-based sensor precision degradation detection method*” [12]. Penelitian ini membahas metode deteksi berbasis *cumulative canonical correlation analysis* (CCA) yang dikembangkan untuk mengidentifikasi degradasi presisi dini pada sensor. Degradasi presisi sensor adalah fenomena di mana kinerja sensor mulai menurun dari standar operasional yang diharapkan. Penggunaan metode CCA ini memungkinkan peneliti untuk memaksimalkan korelasi antara variabel yang diamati dan menghasilkan sinyal residu yang mengindikasikan kemungkinan degradasi. Tujuan utama adalah meningkatkan sensitivitas deteksi terhadap perubahan kecil dalam presisi sensor. Data yang dianalisis dalam penelitian ini bersifat kontinu, karena mereka merepresentasikan pengukuran dari sensor yang dapat mengambil berbagai nilai dalam rentang tertentu. Metode berbasis CCA ini, terutama dalam bentuk kumulatif, menawarkan keuntungan dalam mendeteksi degradasi awal dengan lebih efisien dibandingkan metode standar lainnya.

Dalam literatur sebelumnya, meskipun subjek penelitian bervariasi antara satu studi dengan yang lainnya, namun kesamaan mendasar dimana semuanya fokus pada analisis pada data kontinu. Sebaliknya, penelitian yang dilakukan oleh penulis ini akan melakukan analisa data lapangan dengan data dari *gas analyzer* dan alat pengukur kecepatan serta arah angin *three dimensional* untuk kecepatan serta arah angin. Lebih jauh lagi, penulis berencana untuk menggabungkan berbagai teknik analitis yang telah dijelaskan dalam literatur sebelumnya untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang fenomena yang sedang diteliti.



## 2.2. Iklim dan Perubahan Iklim

Iklim adalah deskripsi jangka panjang tentang kondisi cuaca rata-rata dan variasinya dalam periode waktu tertentu yang mencakup tahun, dekade, atau bahkan lebih lama di suatu wilayah tertentu. Faktor-faktor utama yang menentukan iklim suatu wilayah meliputi suhu, kelembapan, curah hujan, kecepatan serta arah angin, serta berbagai fenomena lain seperti musim hujan atau kemarau. Iklim dapat bervariasi dari satu wilayah ke wilayah lainnya karena perbedaan lintang, ketinggian, jarak dari laut, dan arus laut. Perubahan dalam pola iklim global atau regional dapat memiliki dampak signifikan terhadap ekosistem, sumber daya air, dan kehidupan manusia.

Perubahan iklim saat ini sudah dirasakan di berbagai belahan dunia. Dari penelitian Murphy dkk., di tahun 2023 menunjukkan tanda perubahan iklim yang didorong oleh aktivitas manusia di Pulau Irlandia, sebuah titik penting di pesisir Atlantik Eropa Barat. Melalui analisis berdasarkan pengamatan stasiun dan data komposit skala pulau, peneliti menemukan bahwa lebih dari setengah dari semua indeks yang diukur menunjukkan pergeseran yang signifikan dari kondisi iklim industri awal. Terutama, suhu rata-rata tahunan meningkat, dan perubahan ini paling jelas di sebagian besar stasiun. Namun, musim dingin tampaknya kurang terpengaruh. Sementara itu, presipitasi tahunan, khususnya selama musim dingin, menunjukkan peningkatan di stasiun barat, menandakan risiko banjir yang meningkat seiring dengan pemanasan yang berlanjut. Hasil ini menegaskan bahwa perubahan iklim sudah mulai terlihat di Irlandia, meskipun daerah ini sangat dipengaruhi oleh variabilitas iklim [13].

Indonesia juga menjadi negara yang merasakan dampak perubahan iklim di mana banyak juga tanda perubahan iklim yang ada di Indonesia. Dampak perubahan iklim cenderung memberikan konsekuensi signifikan bagi petani kecil di negara berkembang. Persepsi risiko, sebagai faktor utama dalam strategi adaptasi, menunjukkan keragaman yang mendalam, tergantung pada dinamika individu dan konteks spesifik. Kompleksitas ini didefinisikan oleh variasi non-linier dalam persepsi dampak dan probabilitas terjadinya peristiwa iklim tertentu [14].

Kestabilan iklim merupakan salah satu aspek krusial dalam menjaga keseimbangan ekosistem planet kita. Pemanasan global dan perubahan pola cuaca yang ekstrem dapat mengancam keberlangsungan hidup banyak spesies, termasuk manusia, serta dapat mengganggu produksi pangan, menyebabkan kenaikan permukaan laut, dan merusak infrastruktur. Memelihara kestabilan iklim tidak hanya penting untuk keberlangsungan alam tetapi juga untuk memastikan kesejahteraan sosial-ekonomi masyarakat global. Dengan menjaga iklim tetap stabil, kita membantu memastikan masa depan yang berkelanjutan bagi generasi mendatang dan mencegah bencana alam yang merugikan.

### 2.3. *Gas Analyzer*

*Gas analyzer (greenhouse gas - GHG)* adalah alat yang dirancang khusus untuk mengukur konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, seperti karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), dan dinitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Gas-gas ini berkontribusi signifikan terhadap efek rumah kaca dan pemanasan global. Dengan memantau dan menganalisis konsentrasi gas rumah kaca, *gas analyzer* membantu para ilmuwan dan peneliti memahami seberapa besar kontribusi emisi manusia terhadap perubahan iklim dan memberikan data penting yang diperlukan untuk kebijakan lingkungan serta strategi mitigasi. Alat ini menjadi instrumen esensial dalam upaya global untuk memantau dan mengurangi emisi gas rumah kaca [15].

Dalam era teknologi yang semakin canggih, pemanfaatan alat analisis gas rumah kaca portabel menjadi semakin relevan, terutama untuk memenuhi kebutuhan pengujian sampel dalam jumlah besar dengan cepat dan hemat biaya. Sering kali, pengujian perlu dilakukan langsung di lapangan, termasuk di lokasi-lokasi yang mungkin sulit diakses atau terpencil. Dengan mengadaptasi alat semacam ini untuk beroperasi dalam siklus tertutup, kita dapat meningkatkan kegunaannya dengan signifikan. Sebagai contoh, dalam sebuah studi yang dilakukan, adaptasi pada salah satu jenis alat PGA (*peak ground acceleration*) menunjukkan peningkatan dalam hal jangkauan pengukuran, kalibrasi, serta akurasi dan efisiensi [16]. Gambar 2.1

menunjukkan *gas analyzer* yang dapat mengakuisisi data CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub>O yang dimiliki oleh Laboratorium Teknik Telekomunikasi Universitas Lampung.



Gambar 2.1. *Gas analyzer*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

#### **2.4. *Three Dimensional Anemometer***

Anemometer adalah suatu alat instrumen yang digunakan untuk mengukur arah dan kecepatan angin. Anemometer dapat dibagi dalam dua kategori yaitu alat untuk mengukur kecepatan (*velocity*) dari angin dan alat untuk mengukur tekanan dari angin [16]. Salah jenis perangkat anemometer adalah anemometer tiga dimensi. Anemometer tiga dimensi merupakan alat canggih yang dirancang untuk mengukur kecepatan serta arah angin di tiga sumbu spasial seperti *horizontal*, *vertikal*, dan *lateral*. Berbeda dari anemometer standar yang biasanya hanya mengukur kecepatan angin dalam satu atau dua dimensi, anemometer tiga dimensi memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang karakteristik aliran angin dalam suatu area. Alat ini sering digunakan dalam penelitian meteorologi, aerodinamika, dan aplikasi lainnya yang memerlukan pemahaman mendalam tentang perilaku angin dalam tiga dimensi ruang. Keakuratan dan kemampuan pengukuran multidimensi dari anemometer jenis ini membuatnya sangat berharga dalam analisis dinamika fluida dan pemodelan lingkungan.

Setidaknya ada tiga keluaran yang akan ada pada anemometer tiga dimensi yaitu kecepatan *total*  $V_{xyz}$ , sudut *azimuth*, dan sudut elevasi [17]. Pada tabel 2.1 merupakan parameter arah angin secara umum.

Tabel 2.1. Parameter arah angin

<i>Wind direction</i>	<i>Sign data telegram</i>	<i>Wind direction azimuth</i>	<i>Wind direction elevation</i>
<i>Wind from above (Vz)</i>	<i>Negative</i>		$>0^\circ$
<i>Wind from below (Vz)</i>	<i>Positive</i>		$<0^\circ$
<i>Wind from the north (Vy)</i>	<i>Negative</i>	$0^\circ$	
<i>Wind from the south (Vy)</i>	<i>Positive</i>	$180^\circ$	
<i>Wind from the east (Vx)</i>	<i>Negative</i>	$90^\circ$	
<i>Wind from the west (Vx)</i>	<i>Positive</i>	$270^\circ$	

Sumber: Thies Clima, 2014.

Dengan diberikannya komponen kecepatan dalam tiga dimensi, kita kemudian dapat menghitung kecepatan udara keseluruhan, *azimuth*, dan *elevation* dengan rumus sebagai berikut [18].

$$|V| = \sqrt{(V_x)^2 + (V_y)^2 + (V_z)^2} \quad (1)$$

Dimana:

$V$  = kecepatan keseluruhan (m/s)

$V_x$  = kecepatan disumbu x (m/s)

$V_y$  = kecepatan disumbu y (m/s)

$V_z$  = kecepatan disumbu z (m/s)

$$\text{Azimuth angle} = \tan^{-1} \frac{v_x}{v_y} \quad (2)$$

Dimana:

*Azimuth angle* = sudut antara sumbu x dan y (derajat ( $^\circ$ ))

$V_x$  = kecepatan disumbu x (m/s)

$V_y$  = kecepatan disumbu y (m/s)

$$\text{Elevation angle} = \tan^{-1} \frac{v_z}{\sqrt{(v_x)^2 + (v_y)^2}} \quad (3)$$

Dimana:

*Elevation angle* = sudut antara sumbu *z* dan bidang *horizontal* sumbu *x* dan *y* (derajat (°))

$V_x$ = kecepatan disumbu *x* (m/s)

$V_y$ = kecepatan disumbu *y* (m/s)

$V_z$ = kecepatan disumbu *z* (m/s).

Transformasi data diukur dilakukan untuk menentukan arah, nilai, dan sudut azimuth vektor, dengan data yang diperlukan atau diwakili untuk setiap bidang visualisasi (bidang *XY* diwakili oleh *U* dan *V*, bidang *XZ* diwakili oleh *U* dan *W*, dan bidang *YZ* diwakili oleh *V* dan *W*) [19]. Selanjutnya pada gambar 2.2. merupakan gambar 3D anemometer milik Laboratorium Teknik Telekomunikasi Universitas Lampung.



Gambar 2.2. 3D anemometer

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

## 2.5. Python

Python adalah satu dari bahasa pemrograman tingkat tinggi yang bersifat interpreter, interaktif, *object-oriented* dan dapat beroperasi di hampir semua platform seperti keluarga linux, *windows*, mac, dan platform lainnya. Python adalah

salah satu bahasa pemrograman tingkat tinggi yang mudah dipelajari karena sintaks yang jelas dan elegan, yang dikombinasikan dengan penggunaan modul-modul yang mempunyai struktur data tingkat tinggi, efisien, dan siap langsung digunakan. *Source code* aplikasi dalam bahasa pemrograman Python biasanya akan dikompilasi menjadi format perantara yang dikenal sebagai *byte code* yang selanjutnya akan dieksekusi [20].

Python memiliki beragam pustaka, salah satunya adalah Pingouin. Pustaka ini dirancang khusus untuk mempermudah perhitungan berbagai uji statistik yang kerap digunakan oleh para ilmuwan. Ditambah lagi, Python memiliki berbagai *library* lainnya, seperti *pandas*, yang memungkinkan analisis data menjadi lebih efisien dan terintegrasi dengan baik. Dengan demikian, meskipun ada beberapa keterbatasan, Python terus berkembang dan menawarkan solusi statistik yang semakin kuat bagi para peneliti dan analisis data [21].

## 2.6. Pearson Correlation

*Pearson correlation* atau korelasi *Pearson* adalah teknik statistika yang digunakan untuk mengukur hubungan linier antara dua variabel. Korelasi *Pearson* menghasilkan koefisien korelasi ( $r$ ) yang dapat bernilai antara -1 hingga 1. Nilai  $r$  yang positif menunjukkan hubungan positif atau searah antara kedua variabel, sedangkan nilai  $r$  yang negatif menunjukkan hubungan negatif atau berlawanan arah antara kedua variabel. Jika nilai  $r$  mendekati 0, maka tidak ada hubungan linier yang kuat antara kedua variabel [22].

Dalam perhitungannya, *Pearson correlation* menggunakan rumus [22]:

$$r = \frac{\sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n}}{\sqrt{(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}) \cdot (\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n})}} \quad (4)$$

Dimana:

$r$  = korelasi *Pearson*

$n$  = jumlah sampel data

$X$  = data pertama yang ingin dikorelasi

$Y$  = data kedua yang ingin dikorelasi.

Dalam melihat nilai hubungan antara variabel interpretasi koefisien korelasi dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Klasifikasi koefisien korelasi

No.	Nilai rentan korelasi	Interpretasi korelasi
1	Negatif sempurna	-1
2	Negatif sangat kuat	$-1 < r < -0,9$
3	Negatif kuat	$-0,9 < r < -0,5$
4	Negatif lemah	$-0,5 < r < 0$
5	Tidak berkorelasi	0
6	Positif lemah	$0 < r < 0,5$
7	Positif kuat	$0,5 < r < 0,9$
8	Positif sangat kuat	$0,9 < r < 1$
9	Positif sempurna	1

Sumber: Newbold, 2013

### 2.7. *Linier-Circular Correlation*

Korelasi sirkuler-linier mengacu pada teknik statistik yang digunakan untuk mengukur hubungan antara satu variabel yang bersifat sirkuler (seperti arah mata angin atau waktu sepanjang hari) dan satu variabel yang bersifat linier (seperti suhu atau kecepatan). Variabel sirkuler memiliki karakteristik unik dimana nilai-nilainya didefinisikan dalam siklus tertutup, seperti lingkaran derajat  $360^\circ$ . Oleh karena itu, perhitungan dan interpretasi hubungan antara variabel sirkuler dan linier memerlukan pendekatan khusus.

Dalam konteks korelasi sirkuler-linier, kita mencoba untuk mengidentifikasi sejauh mana variabel linier dipengaruhi oleh variabel sirkuler. Misalnya, bagaimana suhu (variabel linier) berubah sepanjang hari (variabel sirkuler). Teknik korelasi sirkuler-linier memungkinkan kita untuk memahami pola dan hubungan ini dengan lebih baik, yang mungkin tidak terungkap dengan teknik korelasi standar. Korelasi jenis



ini sangat berguna dalam bidang-bidang seperti meteorologi, oseanografi, dan ilmu lingkungan, di mana variabel sirkuler sering berinteraksi dengan variabel linier.

Korelasi sirkuler-linier memiliki beberapa metode yang bisa digunakan, tergantung pada literatur atau referensi. Salah satu metode yang sering digunakan untuk menghitung korelasi antara variabel sirkuler dan linier dikenal sebagai metode Mardia. Berikut ini merupakan rumus dasar sirkuler linier [23].

$$D = a(\sqrt{C^2 + S^2}) \quad (7)$$

Dimana:

D = mewakili ukuran korelasi sirkuler-linier.

a = faktor skala atau konstanta yang dapat digunakan untuk normalisasi atau penyesuaian ukuran

C = komponen yang dihitung dari data kosinus

S = komponen yang dihitung dari data sinus.

## 2.8. *Canonical Correlation Analysis*

*Canonical correlation analysis* (CCA) merupakan teknik statistik yang bertujuan untuk menemukan hubungan antara dua set variabel. Dasar dari CCA adalah menemukan transformasi linier dari dua set variabel sehingga mereka memiliki korelasi maksimal. Dalam konteks ini, matriks korelasi antara  $X_1$  dan  $X_2$  direduksi menjadi matriks dengan blok diagonal, di mana setiap blok menggambarkan hubungan antara komponen dari kedua set variabel. Nilai-nilai  $\rho_i$ , yang dikenal sebagai korelasi kanonik, menunjukkan kekuatan hubungan antara komponen tersebut dan biasanya diurutkan dari yang terbesar hingga terkecil.

Dalam analisis ini matriks kovarian sampel yang didapatkan dari data. Matriks ini didefinisikan dalam blok berdasarkan partisi. Pasangan arah kanonik didapatkan dengan mempertimbangkan vektor-vektor singular dari matriks kovarian yang telah

dinormalisasi. Faktanya, pasangan arah kanonik ini dapat juga ditemukan melalui dekomposisi nilai singular dari matriks tertentu atau melalui masalah nilai eigen yang digeneralisasi. Ini menunjukkan fleksibilitas dan kekayaan dari CCA dalam menangkap hubungan antara dua set variabel.

*Canonical correlation analysis (CCA)* merupakan teknik statistik yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara dua set variabel. Hasil dari analisis ini, yaitu nilai korelasi kanonik, berkisar antara 0 hingga 1. Nilai yang mendekati 0 mengindikasikan bahwa dua set variabel memiliki hubungan yang lemah atau tidak signifikan, sedangkan nilai yang mendekati 1 menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara kedua set variabel tersebut. Dengan demikian, besarnya nilai korelasi kanonik mencerminkan kekuatan hubungan antar variabel dalam kedua set tersebut [24].

Analisis *multivariat*, seperti *canonical correlation analysis (CCA)*, menyediakan keunggulan khusus dalam menangani data set kompleks di mana banyak variabel saling berinteraksi. Melalui CCA, para peneliti dapat memahami hubungan linear antara dua set variabel *multivariat*, memungkinkan mereka untuk mengidentifikasi pola dan hubungan yang mungkin tidak tampak dalam analisis *univariat* atau *bivariat*. Keunggulan lainnya adalah kemampuannya untuk mengurangi dimensi data sambil mempertahankan informasi yang paling relevan, yang membantu dalam interpretasi dan visualisasi data. Secara keseluruhan, analisis *multivariat* seperti CCA memungkinkan keputusan yang lebih tepat dan wawasan yang lebih mendalam tentang data.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dari tugas akhir ini dilaksanakan pada bulan Juli-Desember 2023 di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

#### 3.2. Komponen dan Perangkat Lunak

Dalam penelitian tugas akhir ini, terdapat komponen dan perangkat lunak yang digunakan dalam perancangan dan pengembangan. Pada tabel 3.1. menunjukkan komponen dan perangkat lunak yang akan digunakan.

Tabel 3.1. Komponen dan perangkat lunak

No.	Nama komponen dan perangkat lunak	Keterangan Penggunaan
1	Laptop OS <i>windows</i> 10 home 64 bit, processor AMD Ryzen 7 3000 series, RAM 8 GB, dan SSD 512 GB	Media perencanaan pembangunan algoritma
2	<i>Google Collaboratory</i>	<i>Platform open source text editor online</i>
3	<i>Visual Studio Code</i>	<i>Software text editor</i>
4	Python 3.11.4	Media komputasional

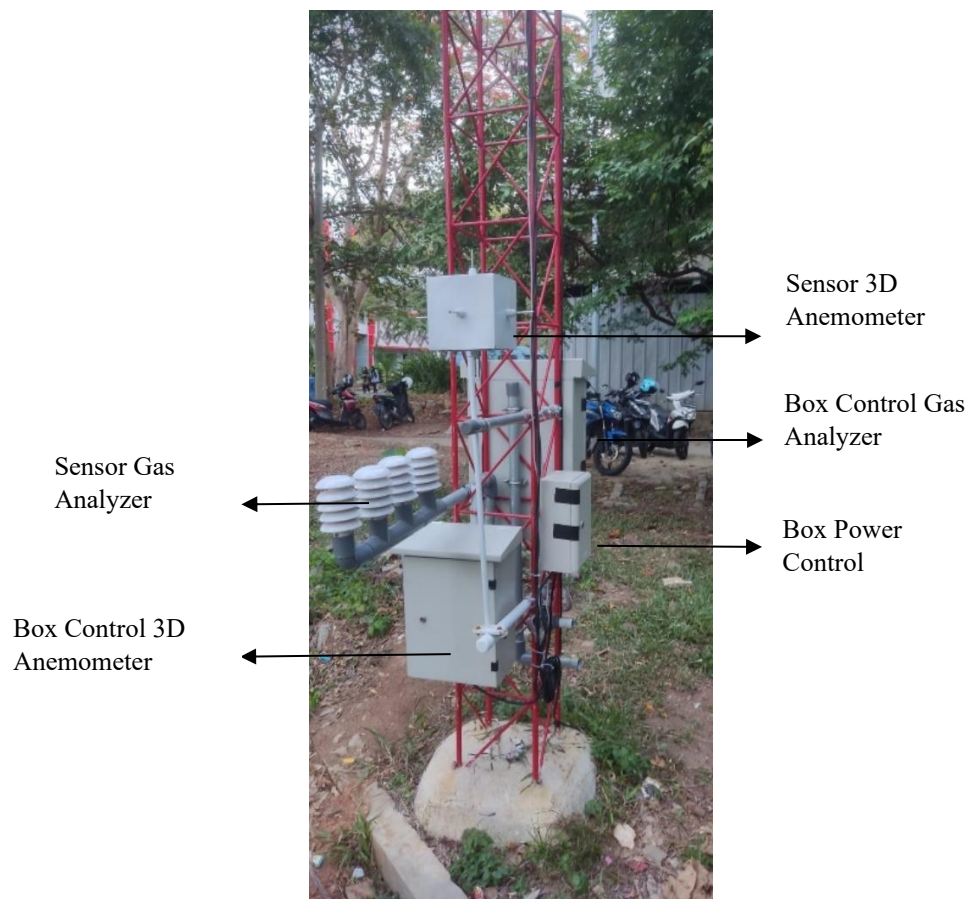
#### 3.3. Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis melakukan evaluasi terhadap korelasi antara parameter yang diukur oleh *gas analyzer* dan perangkat pengukur kecepatan serta

arah angin dengan memanfaatkan metode komputasional berbasis Python. Untuk memastikan kerangka kerja dan relevansi penelitian ini, studi literatur dilakukan terlebih dahulu. Studi literatur ini bertujuan untuk memahami riset-riset sebelumnya yang telah dilakukan terkait dengan korelasi antara unsur-unsur atmosfer dan gas yang diukur, serta teknik-teknik komputasional yang telah ada. Selanjutnya, eksperimen dilakukan dengan mengumpulkan data dari *gas analyzer* dan perangkat pengukur kecepatan serta arah angin. Data yang diperoleh kemudian diproses dan dianalisis menggunakan PythonPython untuk menentukan sejauh mana korelasi antara kedua set data tersebut. Eksperimen ini membantu dalam memvalidasi dan menggali lebih dalam temuan-temuan dari studi literatur sebelumnya, serta memberikan wawasan baru mengenai hubungan antara parameter yang diukur oleh kedua perangkat tersebut.

### **3.4. Sumber Data**

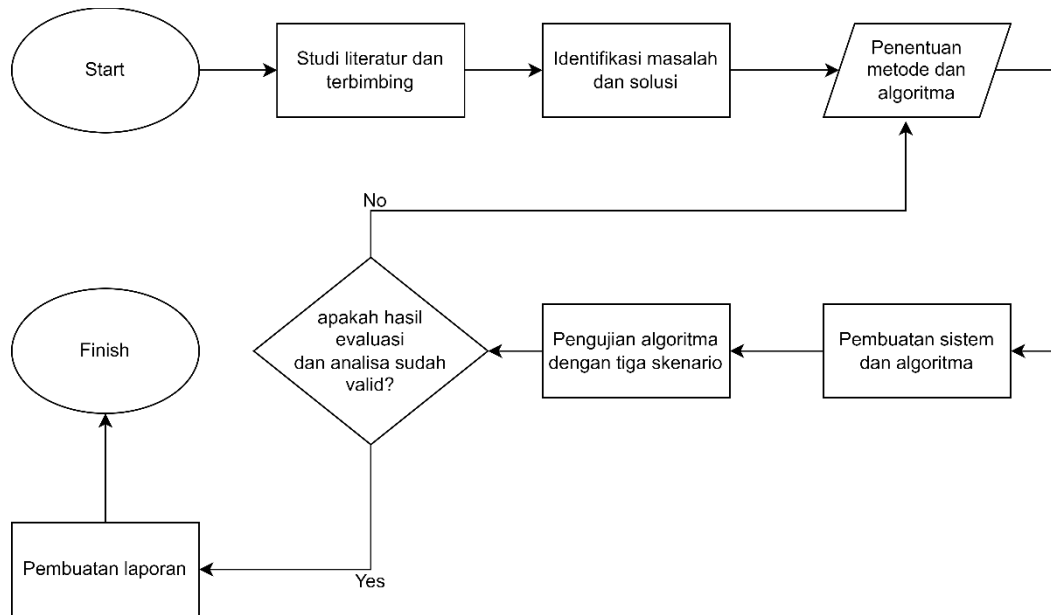
Data yang akan digunakan pada penelitian ini merupakan data prototipe *gas analyzer* dan perangkat pengukur kecepatan serta arah angin *three dimensional* prototipe variabel *gas analyzer* berupa konsentrasi CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, dan CO<sub>2</sub> serta variabel perangkat pengukur kecepatan serta arah angin *three dimensional* berupa kecepatan serta arah angin. Data akan diambil selama 7 x 24 jam. Pengambilan data berlangsung di Laboratorium Teknik Telekomunikasi Universitas Lampung dengan *time stamp* yang tidak sama. Data diambil pada tanggal 6 Desember 2023 jam 08:00:00 sampai dengan tanggal 13 Desember 2023 jam 08:00:00. Gambar 3.1. merupakan perangkat *gas analyzer* dan 3D Anemometer.



Gambar 3.1. Perangkat *gas analyzer* dan 3D anemometer

### 3.5. Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini, proses dilaksanakan melalui serangkaian tahapan yang terstruktur dengan baik, di mana setiap fase memiliki peran kritis dalam menjembatani penelitian dari konsepsi awal hingga kesimpulan. Langkah-langkah ini dirancang tidak hanya untuk meningkatkan efektivitas dalam pengumpulan dan analisis data, tetapi juga untuk memastikan efisiensi dalam pemanfaatan sumber daya dan waktu. Selain itu, pendekatan bertahap ini memungkinkan peneliti untuk melakukan evaluasi berkala, memastikan bahwa penelitian tetap pada jalur yang benar dan tujuan awal tetap tercapai dengan cara yang terukur dan konsisten. Pada gambar 3.2. merupakan diagram alur penelitian yang akan dilakukan oleh penulis.



Gambar 3.2. Diagram alir tahapan penelitian

Pada penelitian ini, langkah awal yang diambil adalah dengan melakukan studi literatur. Dalam fase ini, literatur relevan yang sudah ada dianalisis untuk mendapatkan wawasan mendalam mengenai latar belakang, temuan sebelumnya, serta kesenjangan dalam penelitian terkait. Dengan pemahaman yang kuat akan dasar teoritis, penelitian ini dapat ditempatkan dalam konteks yang lebih luas dan memberikan pandangan mengenai kontribusi potensialnya terhadap bidang ilmu. Penulis melakukan penelusuran terhadap berbagai metode dan keadaan dalam analisa korelasi sesuai dengan karakteristik data.

Selanjutnya, proses dilanjutkan dengan identifikasi masalah dan solusi. Di sini, berdasarkan wawasan yang diperoleh dari studi literatur, kita mendefinisikan masalah yang akan diatasi serta merancang pendekatan awal untuk solusinya. Pemahaman mendalam mengenai problematik ini esensial agar solusi yang dihasilkan relevan dan dapat memberikan kontribusi signifikan.

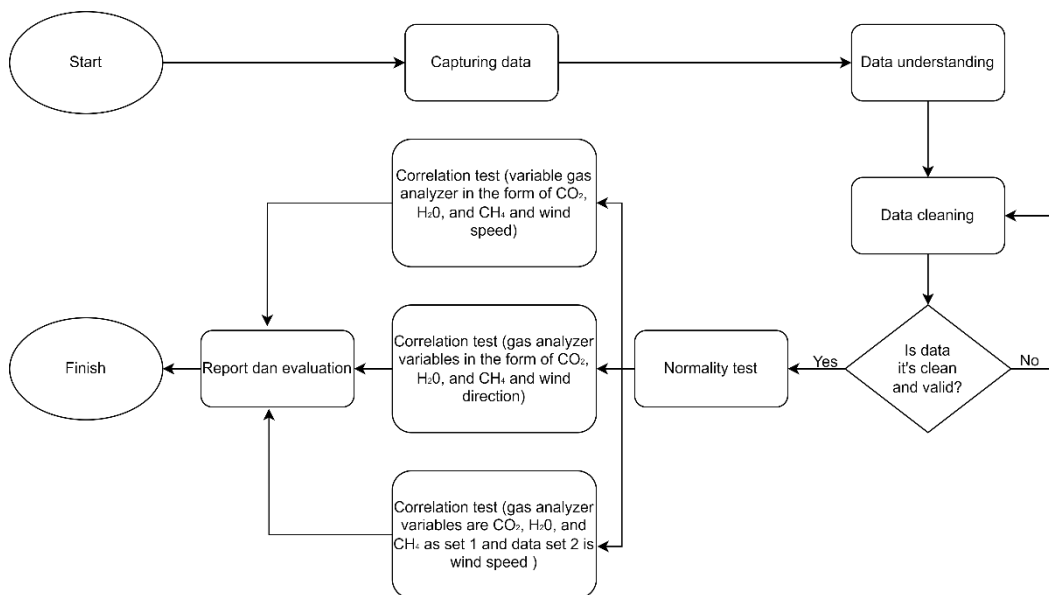
Kemudian, penelitian berfokus pada penentuan metode dan algoritma, di mana teknik-teknik spesifik untuk pengolahan dan analisis data ditentukan. Berdasarkan metode yang dipilih, sebuah sistem dikembangkan. Setelah sistem siap, dilakukan pengujian algoritma dengan tiga skenario berbeda untuk memastikan validasi hasil

algoritma. Setelah semua tahapan selesai, hasil, temuan, dan kesimpulan diintegrasikan dalam pembuatan laporan. Dengan demikian, penelitian ini mencapai kesudahan dengan pemahaman yang holistik dan hasil yang terukur.

### 3.6. Skenario Penelitian

Pada penelitian ini memiliki beberapa tahapan dan skema dalam pelaksanaan penelitian. Hal ini dilakukan dalam menemukan analisa setiap variabel. Berikut ini merupakan beberapa skenario yang akan dilakukan.

#### 3.6.1. Diagram Alir Tiga Skenario



Gambar 3.3. Diagram alir tiga skenario

Gambar 3.3. merupakan diagram alir tiga skenario. Proses analisa dimulai dengan akuisisi data yang komprehensif sebagai fondasi analitis yang akan diolah. Sebelum memasuki fase analitik, sangat penting untuk memahami karakteristik intrinsik data, mengidentifikasi kondisi spesifik, dan merumuskan strategi analisa yang sesuai. Mengingat data sensor mentah sering kali dipenuhi dengan anomali seperti entri kosong, *nul values*, dan

*outlier*, pra-pemrosesan atau data *cleaning* menjadi langkah krusial untuk memastikan integritas data sebelum dilakukan analisis lebih lanjut. Setelah data terstandarisasi, dilakukan uji normalitas untuk menilai distribusi data.

Pada skenario pertama, uji korelasi diaplikasikan untuk mengukur hubungan antara kecepatan angin dengan konsentrasi partikel CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, dan CH<sub>4</sub>. Uji korelasi yang dilakukan akan menggunakan metode korelasi *pearson*. Pada skenario kedua, uji korelasi dilaksanakan guna mengevaluasi korelasi antara arah angin dengan konsentrasi partikel CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, dan CH<sub>4</sub>. Korelasi akan dilakukan dengan metode korelasi sirkuler linier. Segala proses tersebut berakhir dengan kompilasi dalam bentuk laporan yang mendalam, memastikan setiap temuan memiliki konteks yang relevan dan diterjemahkan dengan presisi. Dan pada skenario ketiga, uji korelasi dengan menggunakan metode *canonical correlation analysis* untuk melihat bagaimana sebaran data. Kemudian, akan dilakukan korelasi *multi variate* dengan set 1 adalah data dari perangkat pengukur kecepatan angin berupa data kecepatan angin, lalu pada set 2 akan berasal dari data *gas analyzer* dengan variabel konsentrasi CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, dan CH<sub>4</sub>. Semua tahapan ini dilakukan dengan pendekatan yang sistematis dan terperinci. Proses ini akan menculminate dalam penyusunan laporan dan evaluasi komprehensif atas hasil analisis, memastikan temuan diberikan konteks yang sesuai dan interpretasi yang akurat.



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa.

1. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa semua variable pada perangkat gas analyzer dan 3d anemometer tidak mengikuti distribusi normal dengan jenis data kontinu pada variable kecepatan angin, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>O dan data sirkuler pada arah angin.
2. Berdasarkan hasil penelitian dengan tiga skenario pengujian, ditemukan bahwa pada skenario pertama terdapat hubungan yang relevan antara variabel perangkat *gas analyzer* dan 3D anemometer, meskipun tidak signifikan, terutama pada variabel kecepatan angin dan kerapatan molekul gas di udara. Pada skenario ini, korelasi kecepatan angin dan kerapatan molekul gas kurang dari 0.5 pada semua metode korelasi. Pada skenario kedua, ditemukan bahwa variabel *gas analyzer* dan 3D anemometer berhubungan secara signifikan, terutama pada variabel arah angin dan kerapatan molekul gas di udara. Nilai korelasi pada skenario ini lebih dari 0.9, mengindikasikan korelasi yang sangat kuat pada semua variabel. Sementara pada skenario ketiga, terdapat hubungan yang signifikan antara variabel, terutama pada kecepatan angin pada set 1 dan kerapatan molekul gas di udara pada set 2. Korelasi pada skenario ini lebih dari 0.5, menunjukkan korelasi yang kuat pada semua variabel. Informasi ini tentunya dapat menjadi pertimbangan penting dalam pembuatan model dan analisis data selanjutnya untuk setiap variabel dari kedua perangkat tersebut.

3. Dalam penelitian ini juga telah terbangun algoritma *exploratory data analysis* yang dapat digunakan dan relevan dengan analisa kedua perangkat tersebut sehingga dapat memudahkan *data analysis* dalam melakukan pemahaman dan pengolahan data. algoritma juga sudah dilengkapi dengan berbagai tahapan untuk mengatasi berbagai hal seperti *outlier*, *missing value*, *outlier*, dan uji normalitas data.

## 5.2. Saran

Berdasarkan penelitian ini maka terdapat beberapa saran bahwa.

1. Perpanjangan waktu dilakukan pada periode iklim tertentu dalam analisis mitigasi perubahan iklim untuk memperoleh data yang lebih representatif.
2. Sarana pengambilan data di wilayah hutan atau perkebunan perlu dipilih dengan cermat, memastikan aksesibilitas yang optimal dan pengukuran yang terukur.
3. Penerapan metode uji statistika tambahan diimplementasikan untuk memahami karakteristik dan keandalan data lebih lanjut.
4. Tahap analisis data selanjutnya melibatkan pengujian model menggunakan berbagai metode *machine learning* guna meningkatkan akurasi dan keefektifan analisis.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "*Climate Change 2023: Synthesis Report*" Cambridge University Press, 2022.
- [2] L. Tacconi and M. Z. Muttaqin, "*Reducing emissions from land use change in Indonesia: An overview*" *Forest Policy and Economics*, vol. 108, pp. 101979, 2019.
- [3] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), "*Report of the Conference of the Parties on its sixteenth session*" 2010. [Online]. Available: <http://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/eng/07a01.pdf> [Accessed 4/10/2023].
- [4] J. Chave et al., "*Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates*" *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, vol. 359, pp. 409-420, 2004. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1098/rstb.2003.1425>.
- [5] J. Chave et al., "*Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests*" *Oecologia*, vol. 145, pp. 87-99, 2005. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>.
- [6] J. Chave et al., "*Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees*" *Glob. Chang. Biol.*, vol. 20, pp. 3177-3190, 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>.
- [7] M. Aubinet, T. Vesala, and D. Papale, *Eddy covariance: a practical guide to measurement and data analysis*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [8] N. J. Gogtay and U. M. Thatte, "*Principles of correlation analysis*" *Journal of the Association of Physicians of India*, vol. 65, no. 3, pp. 78-81, 2017.

- [9] D. Khider et al., "*Pyleoclim: Paleoclimate timeseries analysis and visualization with Python*" *Paleoceanography and Paleoclimatology*, vol. 37, no. 10, pp. e2022PA004509, 2022.
- [10] J. Muhaidat et al., "*Predicting COVID-19 future trends for different European countries using Pearson correlation*" *Euro-mediterranean Journal for Environmental Integration*, vol. 7, no. 2, pp. 157-170, 2022.
- [11] Z. W. Wang et al., "*Circular-linear-linear probabilistic model based on vine copulas: an application to the joint distribution of wind direction, wind speed, and air temperature*" *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 215, pp. 104704, 2021.
- [12] Z. Chen et al., "*A cumulative canonical correlation analysis-based sensor precision degradation detection method*" *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 66, no. 8, pp. 6321-6330, 2018.
- [13] C. Murphy et al., "*The emergence of a climate change signal in long-term Irish meteorological observations*" *Weather and Climate Extremes*, pp. 100608, 2023.
- [14] A. M. Hasibuan, D. Gregg, and R. Stringer, "*Accounting for diverse risk attitudes in measures of risk perceptions: A case study of climate change risk for small-scale citrus farmers in Indonesia*" *Land use policy*, vol. 95, pp. 104252, 2020.
- [15] D. Wang et al., "*Applicability of a Gas analyzer with dual quantum cascade lasers for simultaneous measurements of N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> fluxes from cropland using the eddy covariance technique*" *Science of the Total Environment*, vol. 729, pp. 138784, 2020.
- [16] M. R. M. Aliva and H. A. Nugroho, "*Prototipe wind tunnel sebagai kalibrator Anemometer prototype wind tunnel as calibrator Anemometer*" *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, vol. 4, no. 3, pp. 46-53, 2017.
- [17] Thies Clima, "*Ultrasonic Anemometer 3D*" 2014. [Online]. Available: <https://www.thiesclima.com>. [Accessed 5 October 2023].
- [18] E. Arens et al., "*Measuring 3D indoor air velocity via an inexpensive low-power ultrasonic Anemometer*" *Energy and Buildings*, vol. 211, pp. 109805, 2020.

- [19] Dinchev, Z., Gorbunov, Y., & Kostadinova, N., "Velocity field visualization, measured with 3D ultrasonic anemometer," *Journal of Mining and Geological Sciences*, vol. 61, no. II, pp. 2535-1184, 2018.
- [20] S. Ratna, "*Pengolahan Citra Digital Dan Histogram Dengan Phyton Dan Text Editor Phycharm*" *Technologia: Jurnal Ilmiah*, vol. 11, no. 3, pp. 181-186, 2020.
- [21] R. Vallat, "*Pingouin: statistics in Python*" *J. Open Source Softw.*, vol. 3, no. 31, pp. 1026, 2018.
- [22] P. Newbold, W. L. Carlson, dan B. M. Thorne, *Statistics for Business and Economics*. Pearson Education Limited, 2013. ISBN: 978-0-273-76706-0.
- [23] A. R. Solow, J. L. Bullister, and C. Nevison, "*An application of circular-linear correlation analysis to the relationship between Freon concentration and wind direction in Woods Hole, Massachusetts*" *Environmental monitoring and assessment*, vol. 10, pp. 219-228, 1988.
- [24] F. R. Bach dan M. I. Jordan, "*A probabilistic interpretation of canonical correlation analysis*," Technical Report 688, Department of Statistics, University of California, Berkeley, April 21, 2005.