

**ANALISIS PENCEMARAN UDARA DI KOTA BANDA ACEH
PADA TAHUN 2019-2022 DENGAN MENGGUNAKAN ALAT
*PASSIVE SAMPLER***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Oleh:
KHALIL NAUVAL
NIM. 170702115**

**Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM - BANDA ACEH
2023 M / 1444 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS PENCEMARAN UDARA DI KOTA BANDA ACEH PADA
TAHUN 2019-2022 DENGAN MENGGUNAKAN ALAT
PASSIVE SAMPLER

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry (UIN) Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:

KHALIL NAUVAL
NIM. 170702115

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 11 April 2023

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I


Hadi Kurniawan, M.Si
NIDN. 2004038501

Pembimbing II


M. Fajsi Ikhwal, M.Eng
NIP.199110082020121013

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

A R -  I R Y

Husnawati Yahya, M.Sc
NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENCEMARAN UDARA DI KOTA BANDA ACEH PADA
TAHUN 2019-2022 DENGAN MENGGUNAKAN ALAT
PASSIVE SAMPLER

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Senin, 03 April 2023
12 Ramadan 1444
di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munqasyah Tugas Akhir:

Ketua,



Hadi Kurniawan, M.Si
NIDN. 2004038501

Sekretaris,



M. Faizi Hkhwal, M.Eng
NIP.199110082020121013

Penguji I,



Ir. Yeggi Darnas, M.T
NIDN. 2020067905

Penguji II,



Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc
NIDN. 201511820202

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Nama : Khalil Nauval
NIM : 170702115
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Tugas Akhir : Analisis Pencemaran Udara Di Kota Banda Aceh Pada Tahun 2019-2022 Dengan Menggunakan Alat *Passive Sampler*.

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 13 April 2023

Yang membuat pernyataan,

A R



Khalil Nauval
NIM: 170702115

ABSTRAK

Nama : Khalil Nauval
Nim : 170702115
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Analisis Pencemaran Udara Di Kota Banda Aceh Pada Tahun 2019-2022 Dengan Menggunakan Alat *Passive Sampler*.
Tanggal Sidang : 03 April 2023
Jumlah Halaman : 75 Halaman
Pembimbing I : Hadi Kurniawan, M.Si
Pembimbing II : M. Faisi Ikhwal, M.Eng
Kata kunci : Kota Banda Aceh, Pencemaran Udara, *passive Sampler*, SO₂, NO₂.

Pencemaran udara masuknya unsur-unsur lain ke dalam udara, baik melalui kegiatan manusia maupun proses alam, baik secara langsung maupun tidak langsung, Kota Banda Aceh, salah satu daerah yang mengalami perkembangan pesat pada sektor transportasi, peningkatan jumlah gas buang kendaraan bermotor, terutama sulfur oksida (SO₂) dan nitrogen oksida (NO₂). SO₂ dihasilkan oleh aktivitas pembakaran bahan bakar fosil seperti batubara dan minyak, serta dapat berasal dari erupsi gunung berapi. Sumber pencemar NO₂ berasal dari aktivitas kendaraan bermotor, industri, dan rumah tangga. Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif, dengan pengambilan sampel udara di Kota Banda Aceh menggunakan alat *Passive Sampler* selama 14 hari. Parameter yang diukur adalah konsentrasi SO₂ dan NO₂, kemudian hasil pengukuran dihubungkan dengan data BMKG Kota Banda Aceh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transportasi simpang lima memiliki konsentrasi tertinggi SO₂ sebesar 22,47 µg/Nm³ dan NO₂ sebesar 17,95 µg/Nm³. Sementara itu, industri tahu solo memiliki konsentrasi tertinggi SO₂ sebesar 16,9 µg/Nm³ dan NO₂ sebesar 13,44 µg/Nm³. permukiman gampong lampriet memiliki konsentrasi tertinggi SO₂ sebesar 10,58 µg/Nm³ dan NO₂ sebesar 6,83 µg/Nm³, sedangkan perkantoran balai kota memiliki konsentrasi tertinggi SO₂ sebesar 13,87 µg/Nm³ dan NO₂ sebesar 12,02 µg/Nm³. Simpulan dari penelitian ini adalah bahwa konsentrasi SO₂ dan NO₂ di Kota Banda Aceh memenuhi syarat baku mutu.

ABSTRACT

Name : Khalil Nauval
Student ID : 170702115
Department : Environmental Engineering
Title : Analysis of Air Pollution in Banda Aceh City in 2019-2022
Using *Passive Sampler*.
Date of Session : April 03, 2023
Number of Page : 75 Pages
Advisor I : Hadi Kurniawan, M.Si
Advisor II : M. Faisi Ikhwal, M.Eng
Keywords : Banda Aceh City, Air Pollution, Passive Sampler, SO₂, NO₂.

Air pollution is the entry of other substances into the air, both through human activities and natural processes, either directly or indirectly. Banda Aceh City, as one of the rapidly developing areas in the transportation sector, has seen an increase in the amount of exhaust gas emissions from motor vehicles, especially sulfur dioxide (SO₂) and nitrogen dioxide (NO₂). SO₂ is produced by burning fossil fuels such as coal and oil, and can also come from volcanic eruptions. NO₂ pollution sources come from motor vehicle activities, industry, and households. This research is a quantitative study, with air sampling in Banda Aceh City using a Passive Sampler for 14 days. The parameters measured were the concentration of SO₂ and NO₂, and the results were then linked to the BMKG data for Banda Aceh City. The results showed that the Simpang Lima transportation area had the highest concentration of SO₂ at 22.47 µg/Nm³ and NO₂ at 17.95 µg/Nm³. Meanwhile, the Tahu Solo industrial area had the highest concentration of SO₂ at 16.9 µg/Nm³ and NO₂ at 13.44 µg/Nm³. The Gampong Lampriet residential area had the highest concentration of SO₂ at 10.58 µg/Nm³ and NO₂ at 6.83 µg/Nm³, while the Balai Kota office area had the highest concentration of SO₂ at 13.87 µg/Nm³ and NO₂ at 12.02 µg/Nm³. The conclusion of this study is that the concentrations of SO₂ and NO₂ in Banda Aceh City meet the quality standards.

KATA PENGANTAR



Puji serta syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Swt yang telah memberikan kemampuan berfikir untuk penulis sehingga dapat menyusun Tugas Akhir pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Kemudian shalawat dan salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad Saw, dimana kehadirannya menjadi lentera untuk umat manusia di permukaan bumi sehingga tercipta kedamaian dan ketinggian ilmu pengetahuan di dunia ini. Dalam kesempatan ini penulis memutuskan untuk membuat Tugas Akhir berjudul “**Analisis Pencemaran Udara Di Kota Banda Aceh Pada Tahun 2019-2022 Dengan Menggunakan Alat *Passive Sampler***” yang ditulis dalam rangka memenuhi syarat menyelesaikan mata kuliah Selama persiapan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis tak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Almarhum Ibnu Adami dan Almarhumah Yusnita tercinta yang selalu mendoakan penulis serta memberikan dukungan penuh kepada penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
2. Kakak dan Cut bang yang selalu mendoakan penulis serta memberikan dukungan penuh kepada penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
3. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc. Selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Bapak Aulia Rohendi, M.Sc. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Bapak Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc selaku Penasehat Akademik Program Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
5. Bapak Hadi Kurniawan, M.Si. Selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Banda Aceh.

6. Bapak M. Faisi Ikhwali, M.Eng. Selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Banda Aceh.
7. Teman-teman angkatan 2017 teknik lingkungan yang telah memberikan masukan dalam proses pembuatan tugas akhir ini
8. Dan semua pihak yang telah terlibat dalam proses pembuatan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per-satu.

Penulis berharap tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih banyak kekurangan. Karena itu penulis menerima kritikan dan saran untuk bisa memperbaiki tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 24 Desember 2022

Khalil Nauval



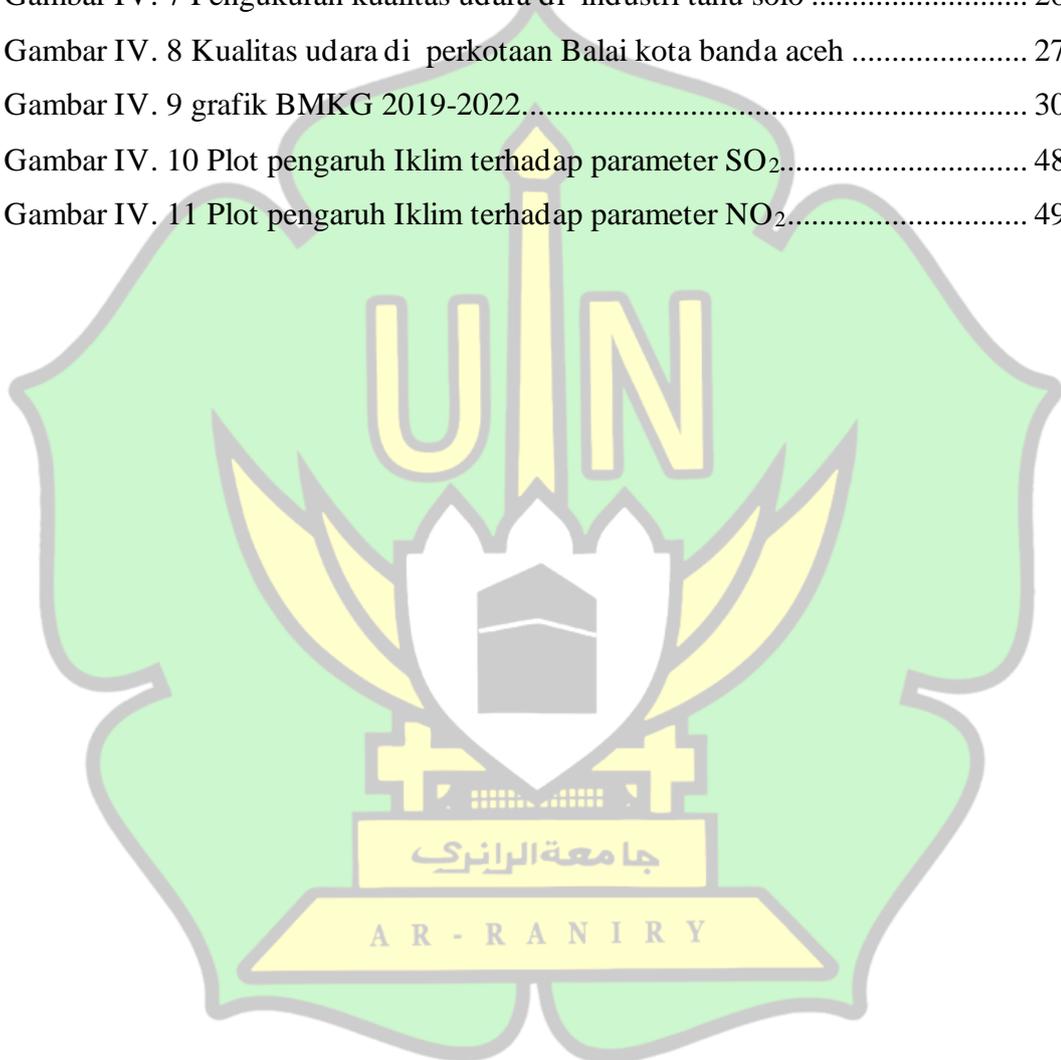
DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vvi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	4
I.4 Manfaat Penelitian.....	4
I.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Pencemaran Udara.....	5
II.2 Parameter Pencemaran Udara SO ₂	9
II.3 Parameter Pencemaran Udara NO ₂	10
II.4 Meteorologi dan Iklim.....	11
II.4.1 Kelembaban Udara	12
II.4.2 Temperatur.....	13
II.4.3 Curah Hujan.....	13

II.4.4 Sinar Matahari	14
II.4.5 Arah Kecepatan Angin	14
II.5 <i>Passive Sampler</i>	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
III.1 Tahapan Umum	16
III.2 Waktu dan Tempat Penelitian	17
III.3. Sumber Pengumpulan Data	17
III.4 Analisis Data	17
III.5 Regresi Linear Berganda	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
IV.1 Gambaran Umum Daerah penelitian	19
IV.2 Pemantauan Kualitas Udara SO ₂ dan NO ₂	22
IV.2 Fluktuasi Iklim Pada Tahun 2019-2022	28
IV.4 Pengaruh Iklim Terhadap Parameter SO ₂	31
IV.5 Pengaruh Iklim Terhadap Parameter NO ₂	40
IV.6 Plot Pengaruh Iklim Terhadap Parameter SO ₂	48
IV.7 Plot Pengaruh Iklim Terhadap Parameter NO ₂	49
BAB V PENUTUP	51
V.1 Kesimpulan	51
V.2 Saran	51
LAMPIRAN	58

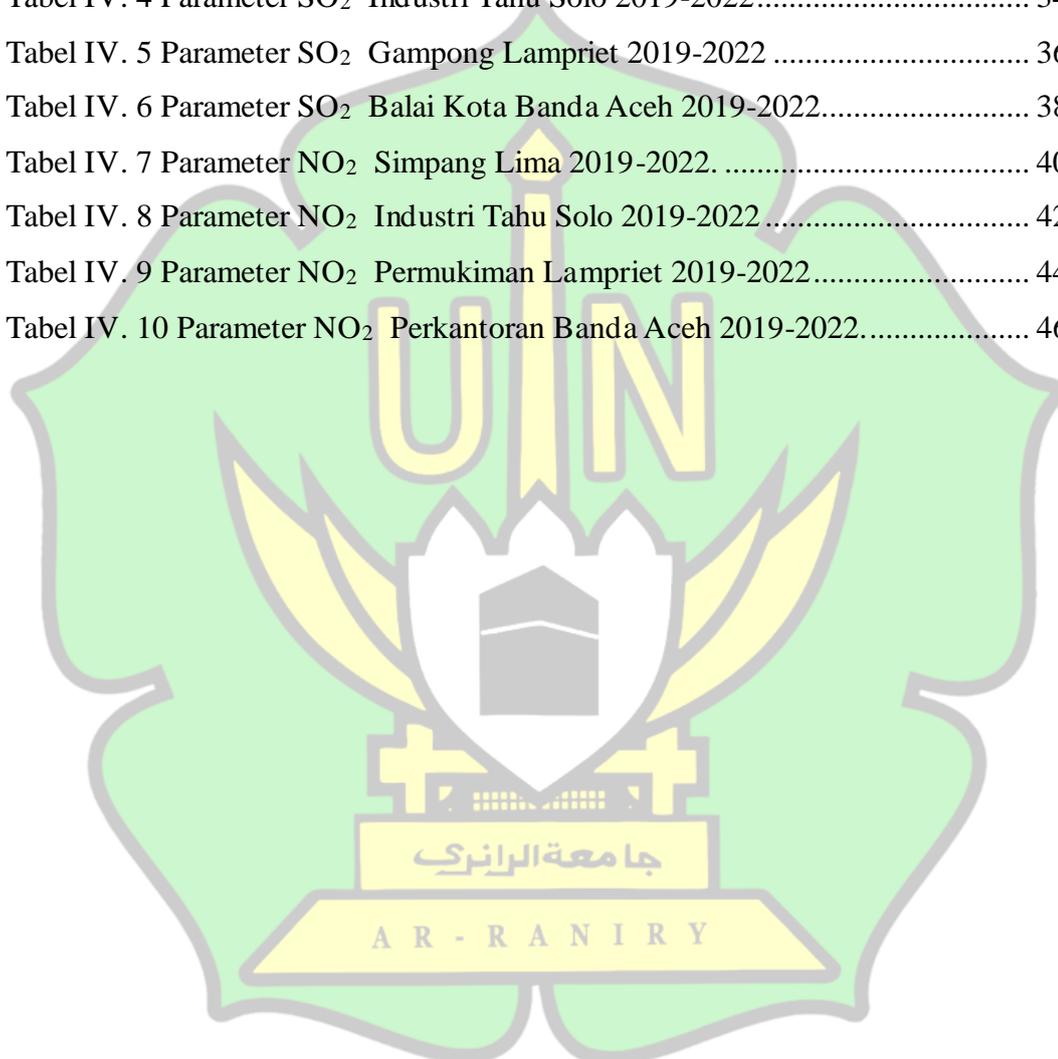
DAFTAR GAMBAR

Gambar IV. 1 Transportasi Simpang Lima	19
Gambar IV. 2 Industri Tahu solo	20
Gambar IV. 3 Pemukiman Gampong Lampriet	21
Gambar IV. 4 perkantoran Balai kota Banda Aceh.....	22
Gambar IV. 5 Pengukuran Kualitas Udara Di Simpang Lima.....	24
Gambar IV. 6 Pengukuran kualitas udara di industri tahu solo	25
Gambar IV. 7 Pengukuran kualitas udara di industri tahu solo	26
Gambar IV. 8 Kualitas udara di perkotaan Balai kota banda aceh	27
Gambar IV. 9 grafik BMKG 2019-2022.....	30
Gambar IV. 10 Plot pengaruh Iklim terhadap parameter SO ₂	48
Gambar IV. 11 Plot pengaruh Iklim terhadap parameter NO ₂	49



DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Baku Mutu Udara Ambien	7
Tabel II.2 Indeks Standar Pencemaran Udara.....	8
Tabel IV. 1 Hasil kualitas udara SO ₂ dan NO ₂ (Passive Sampler)	23
Tabel IV. 2 Hasil Pemantauan iklim (BMKG)	28
Tabel IV. 3 Parameter SO ₂ Transportasi Simpang Lima 2019-2022.....	32
Tabel IV. 4 Parameter SO ₂ Industri Tahu Solo 2019-2022.....	34
Tabel IV. 5 Parameter SO ₂ Gampong Lampriet 2019-2022	36
Tabel IV. 6 Parameter SO ₂ Balai Kota Banda Aceh 2019-2022.....	38
Tabel IV. 7 Parameter NO ₂ Simpang Lima 2019-2022.	40
Tabel IV. 8 Parameter NO ₂ Industri Tahu Solo 2019-2022.....	42
Tabel IV. 9 Parameter NO ₂ Permukiman Lampriet 2019-2022.....	44
Tabel IV. 10 Parameter NO ₂ Perkantoran Banda Aceh 2019-2022.....	46



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Udara merupakan faktor penting dalam kehidupan manusia. Namun, dalam era modern ini, seiring dengan perkembangan pembangunan fisik kota dan industri serta transportasi, kualitas udara mengalami perubahan yang disebabkan oleh pencemaran udara. Pencemaran udara terjadi ketika salah satu komponen udara tidak lagi berada dalam keadaan normal akibat masuknya zat pencemar seperti gas dan partikel kecil atau aerosol dalam jumlah tertentu dan jangka waktu yang cukup lama. Hal ini dapat mengganggu kesehatan manusia, hewan, dan tanaman (BPLHD DKI Jakarta, 2013)

Pencemaran udara merujuk pada masuknya unsur-unsur lain ke dalam udara, baik melalui kegiatan manusia maupun proses alam, baik secara langsung maupun tidak langsung. Pencemaran ini dapat menurunkan kualitas udara hingga mencapai tingkat tertentu yang membuat lingkungan kurang kondusif dan memberikan dampak terhadap interaksi udara dengan kondisi sekitarnya. Dampaknya dapat dirasakan pada lingkungan dan juga kesehatan manusia, sehingga perlu diupayakan pencegahan dan pengendalian pencemaran udara agar kehidupan di bumi tetap berkelanjutan (Yasir, 2021). Pencemaran udara adalah keberadaan bahan-bahan atau zat-zat asing dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan atau komposisi udara dari keadaan normalnya. Jika bahan atau zat asing tersebut berada dalam jumlah tertentu dan dalam jangka waktu yang cukup lama, maka dapat mengganggu kesehatan dan kehidupan manusia. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengendalikan dan mencegah pencemaran udara agar lingkungan tetap sehat dan manusia dapat hidup dengan nyaman dan aman (Simarmata et al., 2022). Pencemaran udara menjadi masalah yang memerlukan perhatian khusus, terutama di daerah kota besar. Pencemaran udara dapat disebabkan oleh asap kendaraan bermotor, emisi pabrik, dan partikel-partikel lainnya. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan upaya pemantauan kualitas udara yang terus-menerus dilakukan. Beberapa parameter yang digunakan dalam

pemantauan kualitas udara antara lain sulfur dioksida (SO_2) dan nitrogen dioksida (NO_2). Dengan pemantauan yang teratur, diharapkan dapat menghasilkan data yang akurat dan membantu dalam mengambil kebijakan yang tepat dalam upaya pengendalian dan pencegahan pencemaran udara (Simarmata et al., 2022)

Sulfur dioksida (SO_2) merupakan polutan udara yang dapat menyebabkan gangguan pernapasan seperti batuk dan sesak nafas. Sumber utama SO_2 di udara berasal dari proses pembakaran bahan bakar fosil seperti batubara atau diesel, serta kegiatan industri metalurgi dan pembuatan asam sulfat. Gas SO_2 juga dapat menyebabkan hujan asam dan kabut, yang dapat mengganggu kehidupan manusia dan lingkungan. Batas kadar SO_2 pada udara bersih ditetapkan sebesar 0.03 ppm. Terdapat berbagai metode untuk menentukan kadar SO_2 di udara, salah satunya adalah metode *Passive Sampler*. Dengan mengumpulkan data yang akurat mengenai kadar SO_2 di udara (Wijiarti et al., 2016).

Nitrogen dioksida (NO_2) merupakan salah satu polutan udara yang diemisikan dari berbagai sumber di perkotaan, dengan sektor transportasi menjadi penyumbang terbesar sebesar 69%. Selain sektor transportasi, industri dan rumah tangga juga ikut berkontribusi terhadap pencemaran NO_2 . Peningkatan kadar NO_2 di udara dapat menyebabkan gangguan pernapasan, dan bahkan dapat meningkatkan risiko terjadinya penyakit jantung dan paru-paru pada manusia. Oleh karena itu, pemantauan kadar NO_2 di udara perlu dilakukan secara berkala untuk mengidentifikasi sumber pencemar dan mengambil tindakan yang tepat untuk mengurangi pencemaran udara dan melindungi kesehatan manusia dan lingkungan (Hadiwidodo & Huboyo, 2006), Kadar NO_2 di udara jika terlalu tinggi diatas Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) 100 akan mengakibatkan dampak negatif, yaitu: terjadinya hujan asam, menyebabkan kesulitan bernafas bagi penderita asma, menyebabkan batuk untuk anak-anak dan orang tua, penurunan visibilitas dan berbagai gangguan pernafasan, serta dapat menyebabkan kematian (Darmawan, 2018).

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dalam peraturan tersebut juga ditetapkan baku mutu kualitas udara untuk SO_2 dan

NO₂, SO₂ adalah 150 µg/m³ untuk 1 jam, 75 µg/m³ untuk 24 jam dan 45 µg/m³ untuk 1 tahun. Sedangkan untuk NO₂ adalah 200 µg/m³ untuk 1 jam, 65 µg/m³ untuk 24 jam dan 50 µg/m³ untuk 1 tahun.

Salah satu metode yang digunakan untuk mendeteksi polusi udara di kota Banda Aceh yaitu menggunakan alat *Passive Sampler*. *Passive Sampler* merupakan pemantauan kualitas udara yang murah dan mudah untuk dilakukan, terutama untuk lokasi pemantauan yang sulit dijangkau. Beberapa gas yang dapat dipantau dengan menggunakan metode ini antara lain SO₂ dan NO₂, Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi SO₂ dan NO₂ dengan menggunakan alat *passive sampler* di daerah kota Banda Aceh. Pemanfaatan data *passive sampler* dilakukan untuk pengembangan penelitian pemantauan udara dengan menggunakan *passive sampler* agar hasilnya dapat bermanfaat bagi masyarakat luas dan pemerintah daerah untuk penentuan kebijakan terkait dengan kualitas udara (Indrawati et al., 2019)

Berdasarkan permasalahan diatas, penelitian ini akan menggunakan alat *Passive Sampler* untuk mengukur tingkat polusi udara di kota Banda Aceh. Selanjutnya, peneliti akan memperoleh data dari sumber resmi seperti DLHK3 (Dinas Lingkungan Hidup Kebersihan dan Keindahan Kota) dan BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) untuk memperoleh informasi yang lebih lengkap mengenai kualitas udara di kota Banda Aceh. Dengan mengkalibrasi data dari *passive sampler* dan sumber resmi, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi bagi masyarakat dan pemerintah daerah dalam pengambilan kebijakan terkait dengan kualitas udara di kota Banda Aceh. Selain itu, Penelitian analisis pencemaran udara sangat penting karena pencemaran udara dapat memiliki dampak serius pada kesehatan manusia dan lingkungan. Melalui penelitian analisis pencemaran udara, maka dapat mengidentifikasi sumber-sumber pencemar dan memahami bagaimana polusi udara menyebar dan berinteraksi dengan lingkungan. Dengan memahami sumber dan perilaku polutan, dapat mengembangkan strategi pengendalian polusi udara yang lebih efektif.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan masalah pada penelitian ini yaitu, bagaimana

pencemaran udara di kota Banda Aceh pada tahun 2019-2022, berdasarkan data dari *passive sampler* dan temperatur, Kelembaban, curah hujan, sinar matahari, Arah kecepatan angin, BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika)?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan pada penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pencemaran udara di kota Banda Aceh pada tahun 2019-2022.
2. Untuk mengetahui pengaruh SO₂ dan NO₂, Temperatur, Kelembaban, Curah hujan, sinar matahari, Arah Kecepatan angin terhadap kualitas udara di Kota Banda Aceh.

I.4 Manfaat Penelitian

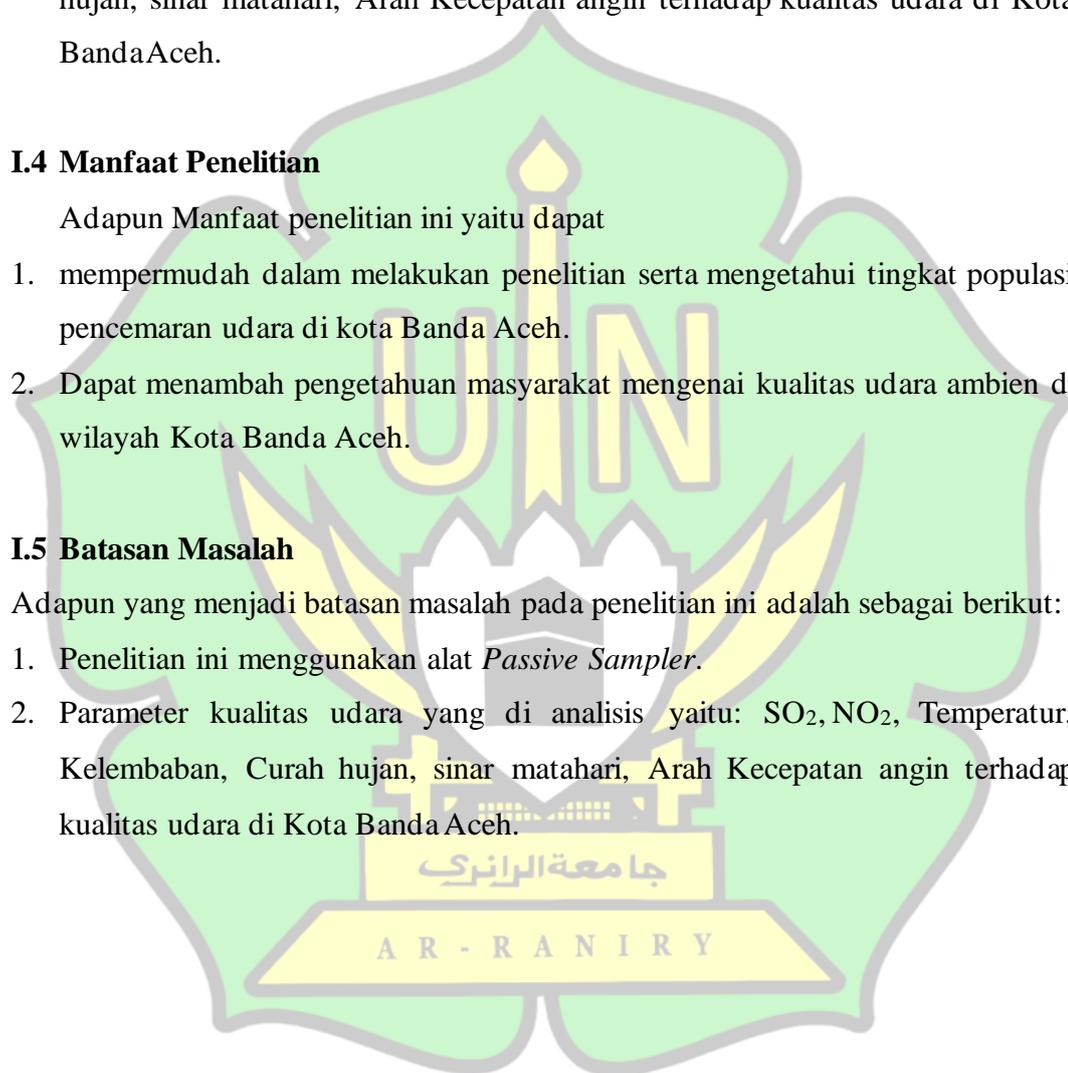
Adapun Manfaat penelitian ini yaitu dapat

1. mempermudah dalam melakukan penelitian serta mengetahui tingkat populasi pencemaran udara di kota Banda Aceh.
2. Dapat menambah pengetahuan masyarakat mengenai kualitas udara ambien di wilayah Kota Banda Aceh.

I.5 Batasan Masalah

Adapun yang menjadi batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan alat *Passive Sampler*.
2. Parameter kualitas udara yang di analisis yaitu: SO₂, NO₂, Temperatur, Kelembaban, Curah hujan, sinar matahari, Arah Kecepatan angin terhadap kualitas udara di Kota Banda Aceh.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pencemaran Udara

Pencemaran udara saat ini menunjukkan kondisi yang cukup memprihatinkan. Adapun sumber pencemaran udara yang terjadi akibat dari berbagai aktivitas manusia seperti: industri, transportasi, perkantoran, dan perumahan. Berbagai kegiatan tersebut memberikan kontribusi yang besar sebagai pencemar udara. Dampak dari pencemaran udara tersebut menyebabkan terjadinya penurunan kualitas udara, yang berdampak negatif terhadap kesehatan manusia (Kristanto et al., 2013). Dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010 tentang pelaksanaan pengendalian pencemaran udara di daerah yang dimaksud pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan. Pada tingkat konsentrasi tertentu zat-zat pencemar udara dapat berakibat langsung terhadap kesehatan manusia, baik secara mendadak atau akut, menahun atau kronis/subkronis dan dengan gejala-gejala yang samar. Gangguan kesehatan yang disebabkan oleh pencemaran udara dengan sendirinya akan mempengaruhi daya kerja seseorang, yang berakibat turunnya nilai produktivitas serta mengakibatkan kerugian ekonomis pada jangka panjang dan timbulnya permasalahan sosial ekonomi keluarga dan masyarakat (Budiyono, 2010).

Transportasi di kota-kota besar merupakan sumber pencemaran udara yang terbesar, dimana 70% pencemaran udara di perkotaan disebabkan oleh aktivitas kendaraan bermotor (Kusminingrum & Gunawan, 2008). Kendaraan bermotor merupakan sumber polutan CO yang utama yakni sekitar 59.2%. Kendaraan berbahan bakar bensin menghasilkan gas CO yang lebih banyak daripada kendaraan berbahan bakar solar (Rifal, 2022).

Sumber Pencemaran Udara yang terjadi di lingkungan disebabkan oleh berbagai sumber baik secara alami maupun akibat aktivitas manusia. Menurut (Yanti, 2021), pencemaran udara yang diakibatkan oleh sumber alamiah, seperti

letusan gunung berapi dan yang diakibatkan oleh aktivitas manusia seperti: emisi transportasi, dan emisi pabrik atau industri. Pencemaran udara pun dapat terjadi baik dalam ruangan tertutup (*indoor*) maupun luar ruangan (*outdoor*). Adapun sumber pencemaran udara dapat diklasifikasikan menjadi sumber bergerak seperti: aktivitas lalu lintas, kendaraan bermotor, dan transportasi laut. Sedangkan, sumber tidak bergerak seperti pembangkit listrik, industri, dan rumah tangga (Wardoyo, 2016).

Dampak Pencemaran Udara Ada banyak dampak yang dihasilkan dari pencemaran udara Menurut (Budiyono, 2010), zat pencemar di udara pada konsentrasi tertentu dapat berakibat langsung terhadap kesehatan manusia baik secara mendadak atau akut, menahun atau kronis dengan gejala yang samar. Dimulai dari iritasi saluran pernapasan, iritasi mata, dan alergi kulit sampai dengan timbulnya kanker paru. Selanjutnya efek yang ditimbulkan pada lingkungan ekosistem adalah kerusakan dimana lingkungan ekosistem tempat tinggal berbagai macam makhluk hidup seperti akibat kebakaran hutan merusak tumbuh-tumbuhan dan hewan. Sedangkan hujan asam disebabkan oleh belerang (sulfur) yang merupakan polutan dalam bahan bakar fosil serta nitrogen di udara yang bereaksi dengan oksigen membentuk sulfur dioksida dan nitrogen dioksida. Polutan tersebut berasal dari knalpot mobil dan industri yang menggunakan bahan bakar minyak dan batubara di atmosfer. (Abidin & Hasibuan, 2019).

Kota Banda Aceh dari tahun ke tahun mengalami perkembangan yang sangat pesat. Seiring dengan kemajuan Kota Banda Aceh dari tahun ke tahun semakin bertambah pula jumlah kendaraan bermotor yang merupakan sarana transportasi bagi masyarakat, baik kendaraan pribadi maupun kendaraan umum, Kepala Dinas Pendapatan dan Kekayaan Aceh, Muhammad melalui Kepala UPTD Wilayah I Kantor Samsat Batoh, Masri menyebutkan jumlah kendaraan baru yang bertambah di Aceh selama 2015 mencapai 113.206 unit. Jumlah itu, jauh lebih banyak dibanding dari tahun sebelumnya yaitu 109.064 unit. Transportasi di kota-kota besar merupakan sumber pencemaran udara yang terbesar, dimana 70% pencemaran udara di perkotaan disebabkan oleh aktivitas kendaraan bermotor (Kusminingrum & Gunawan, 2008). Kendaraan bermotor merupakan sumber

polutan CO yang utama yakni sekitar 59.2%. Kendaraan berbahan bakar bensin menghasilkan gas CO yang lebih banyak daripada kendaraan berbahan bakar solar (Rifal, 2022).

Baku mutu pencemaran SO_2 dan NO_2 merujuk pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Peraturan tersebut menetapkan parameter-parameter kualitas udara yang diukur adalah konsentrasi Sulfur Dioksida (SO_2) dan Nitrogen Dioksida (NO_2) dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel II. 1 Baku Mutu Udara Ambien

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
1.	Sulfur Dioksida (SO_2)	1 jam	150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
		24 jam	75 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
		1 tahun	45 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
2.	Nitrogen Dioksida (NO_2)	1 jam	200 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
		24 jam	65 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
		1 tahun	50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

(Sumber: Lampiran VII PP RI Nomor 22 Tahun 2021).

Baku mutu pencemaran SO_2 dan NO_2 merujuk pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Peraturan tersebut menetapkan parameter-parameter kualitas udara yang diukur adalah konsentrasi Sulfur Dioksida (SO_2) dan Nitrogen Dioksida (NO_2). Badan Lingkungan Hidup setempat atau pihak-pihak yang ditunjuk oleh pemerintah bertanggung jawab untuk melakukan pengukuran parameter-parameter tersebut. Dalam peraturan tersebut juga ditetapkan baku mutu kualitas udara untuk SO_2 dan NO_2 , yakni SO_2 adalah 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk 1 jam, 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk 24 jam dan 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk 1 tahun. Sedangkan untuk NO_2 adalah 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk 1 jam, 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk 24 jam dan 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk 1 tahun. Tujuan dari penetapan baku mutu tersebut adalah untuk melindungi kesehatan manusia dan lingkungan hidup dari dampak buruk pencemaran udara.

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) diatur dalam peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan republik indonesia nomor p.14/menlhk/setjen/kum.1/7/2020 tentang indeks standar pencemar udara.

Penetapan nilai ISPU dengan cara mengubah kadar pencemar udara yang terukur, menjadi suatu angka yang tak berdimensi yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di suatu lokasi. Parameter ISPU adalah Sulfur Dioksida (SO₂) dan Nitrogen Dioksida (NO₂). Nilai ISPU mempunyai angka rentang dari 1-50 (baik) sampai dengan ≥ 301 (berbahaya).

Tabel II.2 Indeks Standar Pencemaran Udara

Kategori	Status Warna	Angka Rentang
Baik	Hijau	1 – 50
Sedang	Biru	51 – 100
Tidak Sehat	Kuning	101 – 200
Sangat Tidak Sehat	Merah	201 - 300
Berbahaya	Hitam	≥ 301

(Sumber: Lampiran II Permen LHK No. 14 Tahun 2020).

Pada tabel II.1 dapat dilihat indeks standar pencemaran udara kategori Baik di lambang berwarna hijau dengan angka rentang 1-50, tingkat kualitas udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan, tumbuhan, dan Sangat baik melakukan kegiatan di luar, kategori Sedang di lambangkan berwarna biru dengan angka rentang 51-100, tingkat kualitas udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan. Kelompok sensitif Kurangi aktivitas fisik yang terlalu lama atau berat. Setiap orang Masih dapat beraktivitas di luar, kategori tidak sehat di lambang berwarna kuning angka rentang 101-200, tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan dan tumbuhan, Boleh melakukan aktivitas di luar, tetapi mengambil rehat lebih sering dan melakukan Apa yang harus dilakukan. Kategori sangat tidak sehat di lambangkan berwarna merah dengan angka rentang 201 – 300, tingkat kualitas udara yang dapat meningkatkan resiko kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar. Hindari semua aktivitas di luar. Perbanyak aktivitas di dalam ruangan atau lakukan penjadwalan ulang pada waktu dengan kualitas udara yang baik. Selanjut kategori berbahaya di lambangkan berwarna hitam dengan angka rentang ≥ 301 , Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan serius pada

populasi dan perlu penanganan cepat.

II.2 Parameter Pencemaran Udara SO₂

Sulfur dioksida merupakan gas tidak berwarna dengan bau yang tajam. Berbentuk cair dalam tekanan rendah dan sangat mudah larut dalam air. SO₂ dihasilkan oleh aktivitas yang berhubungan dengan pembakaran bahan bakar fosil seperti batubara dan minyak. Selain itu, SO₂ juga terdapat di udara akibat erupsi gunung berapi. Ketika SO₂ berada di udara, dapat terbentuk senyawa seperti asam sulfat, sulfur trioksida, dan sulfat. Gas SO₂ dapat larut di dalam air dan membentuk asam sulfat, bahkan tanah pun dapat menyerap SO₂ (Putrakoranto, 2021).

Sumber Sulfur Dioksida (SO₂) terdapat di udara dan dihasilkan dari berbagai sumber seperti pembangkit tenaga listrik, pembakaran bahan bakar fosil, pertambangan dan pengolahan logam, pemanasan domestik dan distrik, serta mesin diesel. Konsentrasi SO₂ cenderung lebih tinggi di wilayah yang berdekatan dengan industri atau memiliki lalu lintas tinggi, dibandingkan dengan lokasi yang letaknya jauh dari industri dan memiliki lalu lintas rendah. (Amalia & Wahyuni, 2022), Sedangkan, menurut (Budiyono, 2010) sumber pencemaran SO₂ di udara berasal dari sumber alamiah dan buatan. Sumber alamiah gas SO₂ seperti: gunung berapi, pembusukan bahan organik oleh mikroba, dan reduksi sulfat secara biologis. Kemudian, sumber buatan berasal dari pembakaran bahan bakar minyak, gas, dan terutama batubara yang mengandung sulfur tinggi.

Dampak gas SO₂ terhadap kesehatan manusia meliputi gangguan saluran pernapasan dan iritasi pada mata. Pada konsentrasi yang sangat tinggi, gas SO₂ dapat menyebabkan kematian. Contohnya, di Belgia pernah terjadi konsentrasi gas SO₂ sampai 38 ppm yang mengakibatkan 60 orang tewas serta ratusan sapi dan ternak lainnya mati (Damri et al., 2016). Hal ini sejalan dengan penelitian Zakaria & Azizah, (2013), bahwa gas SO₂ dapat menyebabkan iritasi tenggorokan pada kadar pencemar 8-12 ppm. Gas ini sangat berbahaya bagi manusia terutama pada konsentrasi diatas 0,4 ppm. Gas SO₂ mudah menjadi asam dan menyerang selaput lendir pada hidung, tenggorokan sampai pada paru-paru. Pada konsentrasi 1-2 ppm, bagi orang yang sensitif serangan gas ini menyebabkan iritasi pada bagian

tubuh yang terkena langsung namun, orang yang cukup kebal akan terasa teriritasi pada konsentrasi 6 ppm dengan pemaparan singkat. Pemaparan gas SO_2 lebih lama dapat menyebabkan peradangan yang lebih hebat pada selaput lendir yang diikuti oleh kelumpuhan sistem pernapasan, kerusakan dinding epithalium dan kematian (Cahyono, 2011).

Dampak SO_2 terhadap lingkungan Gas SO_2 bereaksi di atmosfer membentuk hujan asam. Zat-zat ini berdifusi ke atmosfer dan bereaksi dengan air untuk membentuk asam sulfat dan asam nitrat yang mudah larut sehingga jatuh bersama air hujan. Air hujan yang asam tersebut akan meningkatkan kadar keasaman tanah dan air permukaan yang terbukti berbahaya bagi kehidupan ikan dan tanaman (Budiyono, 2010).

II.3 Parameter Pencemaran Udara NO_2

Nitrogen dioksida merupakan salah satu komponen yang mempengaruhi terhadap kualitas udara. Nitrogen dioksida (NO_2) juga merupakan salah satu gas beracun. Sumber pencemar NO_2 aktivitas kendaraan bermotor, industri maupun rumah tangga (Angelia et al., 2019). Gas NO_2 adalah gas yang dapat larut dalam air, berwarna merah kecoklatan, dan bersifat oksidator kuat, gas NO_2 dapat menimbulkan bau dan berwarna kuning Ketika terlarut dalam air, gas NO_2 membentuk asam nitrit (HNO_2), dan ketika bereaksi dengan sinar matahari (UV) dan senyawa organik yang mudah menguap, gas ini akan membentuk polutan sekunder, yaitu O_3 . Gas NO_2 memiliki masa hidup yang cukup panjang dan sangat mudah menyebar ke berbagai tempat (Dwiramawati et al., 2018), Menurut Royvaldi (2022), gas ini mengganggu jarak pandang dan dapat menyebabkan iritasi pada saluran napas pada konsentrasi 1,5-2,0 ppm. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk mengurangi paparan gas NO_2 agar dapat menjaga kesehatan dan lingkungan. Hal ini telah diteliti oleh (Maziya, 2020) bahwa tingginya konsentrasi NO_2 berbanding lurus dengan banyaknya jumlah kendaraan bermotor, industri dan rumah tangga. NO_2 merupakan hasil reaksi dari NO yang terpapar oleh sinar matahari yang memancarkan sinar ultraviolet.

Sumber nitrogen dioksida (NO_2) dalam skala global, umumnya keberadaan

NO₂ di alam bersumber dari aktivitas manusia. Secara alami, sumber NO₂ berasal dari perpindahan gas NO di stratosfer, aktivitas vulkanik, aktivitas bakteri dan kilat namun keberadaanya dalam konsentrasi yang sangat rendah. Dalam jumlah besar gas NO₂ dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil dan emisi mesin kendaraan bermotor. Di udara ambien, gas nitrit dioksida berubah menjadi nitrogen dioksida di atmosfer (Ma'rufi, 2017).

Dampak NO₂ terhadap kesehatan Gas NO₂ lebih bersifat toksik dibandingkan gas NO. Organ tubuh yang paling peka terhadap gas NO₂ adalah paru-paru. Gas polutan ini dapat menyebabkan terjadinya pembengkakan paru-paru sehingga mengakibatkan sulit bernafas dan berujung padakematian. Diketahui pula, dalam konsentrasi rendah gas NO₂ menyebabkan iritasi pada mata dengan gejala mata perih dan berair (Pratama, 2022). Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh (Rosyidah, 2018), bahwa NO₂ bersifat iritan pada organ pernapasan, dan paparan jangka panjang akan meningkatkan kelainan atau penyakit pernapasan seperti bronkitis kronik.

Dampak NO₂ terhadap lingkungan Sama halnya dengan gas SO₂, gas NO₂ pun menyebabkan terbentuknya hujan asam di atmosfer. Seperti diketahui, hujan asam akan menyebabkan kerusakan ekosistem lingkungan, kematian baik pada flora maupun fauna serta kerusakan fisik pada bangunan (Budiyono, 2010). Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsentrasi NO₂ yaitu mengurangi beban pencemar NO₂ dengan cara menyediakan transportasi massal yang memadai dan mengembangkan kendaraan bermotor yang berbahan bakar ramah lingkungan. Selain itu dari sektor industri dapat dilakukan memperbaiki kualitas emisi gas buang industri dengan menggunakan teknologi seperti penggunaan *wet scrubber*, penggantian bahan bakar (Rini, 2005).

II.4 Meteorologi dan Iklim

Meteorologi dan iklim Merupakan lembaga nasional yang melakukan pemantauan dan prediksi cuaca, iklim dan kualitas udara serta perubahan iklim sesuai amanat Undang-undang No. 31 Tahun 2009. Analisis kondisi iklim, kualitas udara dan gas rumah kaca yang telah terjadi satu tahun yang lalu dilaporkan dan

dituangkan dalam buku catatan kondisi iklim, kualitas udara dan gas rumah kaca tahun 2019 catatan iklim memberikan informasi terpadu tentang kondisi iklim dan kualitas udara yang terdiri dari variabilitas curah hujan, temperatur, pencemaran udara dan gas rumah kaca dalam perspektif ruang dan waktu sepanjang tahun 2019. Unsur meteorologi berpengaruh besar pada dispersi dan penyisihan pencemar udara secara alami. Dengan demikian, informasi meteorologi merupakan hal penting dalam menentukan langkah-langkah pengendalian pencemaran udara dari berbagai sumber pencemar baik industri maupun sistem transportasi (Salsabil, 2020) Berikut ini beberapa unsur meteorologi yang mempengaruhi konsentrasi polutan di udara, yaitu:

II.4.1 Kelembaban Udara

Kelembaban udara adalah jumlah kandungan uap air di udara atau tekanan uap yang teramati terhadap tekanan uap jenuh untuk suhu yang diamati dan dinyatakan dalam persen (Setyawan, 2018). Sedangkan, menurut (Indrawati et al., 2019) yang dimaksud kelembaban udara adalah banyaknya uap air yang terkandung dalam massa udara pada waktu dan tempat tertentu. Secara singkat, pengukuran kelembaban di udara dilakukan dengan pengukuran kelembaban relatif. Kelembaban relatif adalah perbandingan antara tekanan uap air yang terukur dengan tekanan uap air pada kondisi jenuh yang dinyatakan dalam persen. Kelembaban relatif dapat diukur menggunakan higrometer atau psikrometer. Kelembaban relatif akan berubah sesuai dengan tempat dan waktu. Menjelang tengah hari maka kelembaban akan relatif berangsur-angsur turun kemudian bertambah besar pada sore hari hingga menjelang pagi.

Hubungan Kelembaban udara dengan konsentrasi pencemar di udara ambien yaitu jika Kelembaban udara tinggi dapat menyebabkan dispersi udara menjadi lambat karena banyaknya uap air di udara akan memperlambat aliran udara baik secara horizontal maupun vertikal sehingga konsentrasi polutan menjadi tinggi. Sedangkan, Kelembaban udara rendah mengartikan bahwa udara memiliki kandungan uap air yang jumlahnya sedikit. Pada saat itu dispersi udara akan terjadi lebih cepat karena udara dapat bergerak tanpa terhambat oleh uap air sehingga

konsentrasi polutan di udara menjadi rendah (Alizkan, 2017).

II.4.2 Temperatur

Temperatur merupakan unsur iklim di atmosfer yang sangat penting karena berubah sesuai tempat dan waktu. Suhu udara akan berfluktuasi dengan nyata setiap periode 24 jam. Fluktuasi suhu akan terganggu apabila turbulensi udara atau pergerakan massa udara menjadi sangat aktif, misalnya pada kondisi kecepatan angin tinggi (Amalia, 2013) Pergerakan mendadak lapisan udara dingin ke suatu industri dapat menimbulkan inversi atmosfer, yaitu kondisi dimana udara dingin akan terperangkap dan tidak dapat keluar dari tersebut dan akan menahan polutan tetap berada di permukaan bumi sehingga konsentrasinya semakin lama semakin meningkat. Pada keadaan tersebut, di permukaan bumi dapat dikatakan tidak ada pertukaran udara sama sekali. maka udara yang berada dekat dengan permukaan bumi akan penuh polutan sehingga dapat menimbulkan keadaan yang kritis bagi kesehatan. (Kurniawati & others, 2017).

II.4.3 Curah Hujan

Air hujan merupakan fenomena alamiah yang terjadi ketika uap air di atmosfer turun ke bumi dalam bentuk cairan. Namun, dalam beberapa kasus, air hujan dapat berubah menjadi pelarut yang sangat efektif bagi polutan di udara. Di beberapa daerah, khususnya di industri yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar, gas sulfur dioksida (SO_2) dilepaskan ke atmosfer sebagai produk sampingan dari proses pembakaran. Ketika gas SO_2 tersebut bercampur dengan uap air di atmosfer, terbentuklah asam sulfat yang dapat mempengaruhi sifat air hujan. Air hujan yang mengandung asam sulfat dapat menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan, termasuk pada ekosistem dan kesehatan manusia. Ketika air hujan bersifat asam, ia dapat melarutkan logam berat dan bahan kimia beracun seperti timbal, merkuri, dan arsenik dari tanah dan bangunan. Hal ini dapat mengancam kesehatan manusia melalui konsumsi makanan yang terkontaminasi atau melalui paparan langsung ke kulit atau saluran pernapasan (Nurdiyanto & Primawan, 2020).

II.4.4 Sinar Matahari.

Sinar matahari adalah radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh matahari dan dapat dirasakan sebagai panas dan cahaya oleh makhluk hidup di Bumi. Radiasi matahari memiliki spektrum yang beragam, mulai dari sinar ultraviolet, sinar tampak, hingga sinar inframerah. Dalam meteorologi, sinar matahari sangat penting karena menjadi sumber energi bagi banyak proses yang terjadi di atmosfer Bumi. Radiasi matahari yang mencapai permukaan Bumi berkontribusi pada pemanasan udara dan laut, mengatur pola angin dan sirkulasi atmosfer, serta mempengaruhi pembentukan awan dan curah hujan. Sinar matahari juga menjadi faktor penting dalam perubahan iklim, seperti pemanasan global, yang terjadi akibat peningkatan jumlah gas rumah kaca di atmosfer yang memperkuat efek rumah kaca dan mempercepat peningkatan suhu global (Hamdi, 2014).

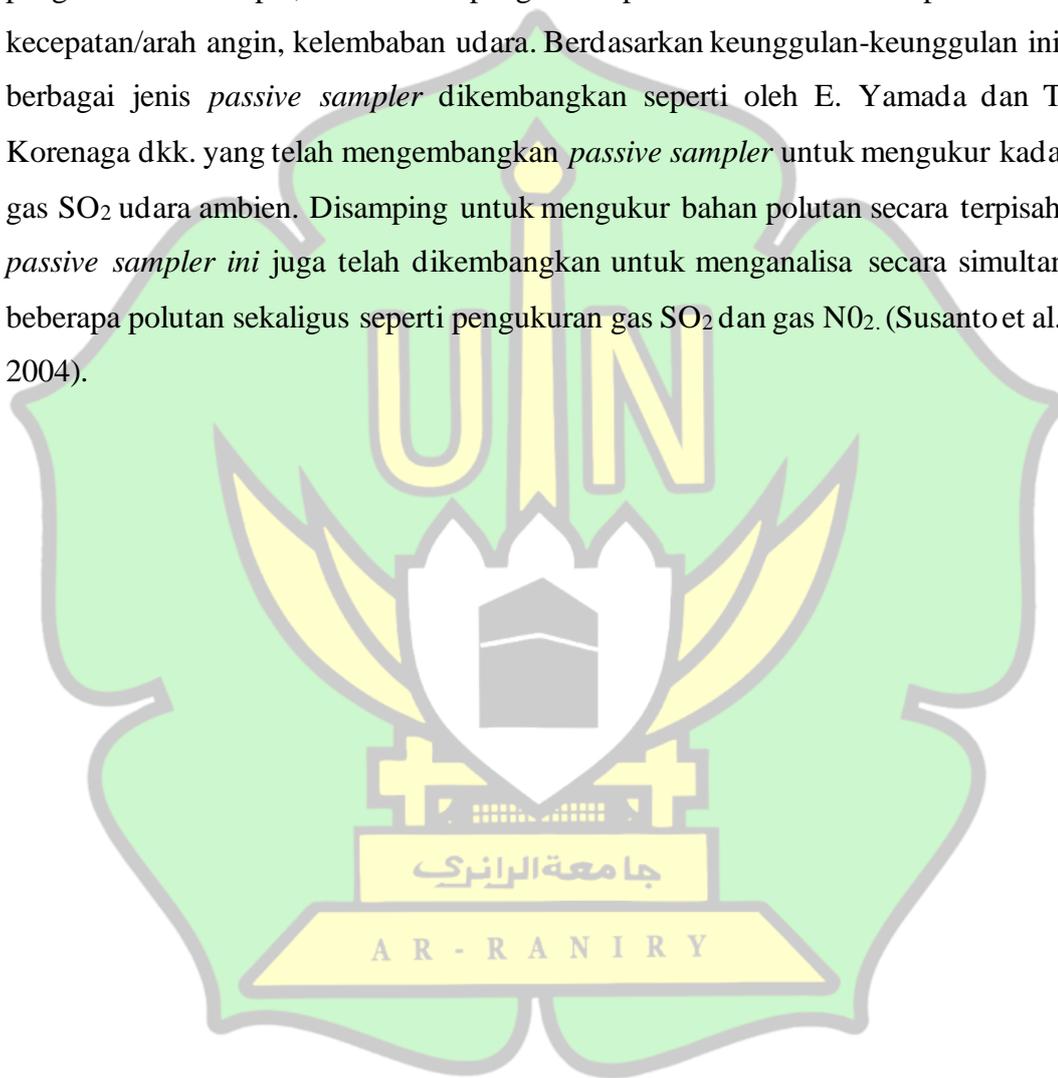
II.4.5 Arah Kecepatan Angin

Angin adalah gerak udara yang sejajar dengan permukaan bumi dimana bergerak dari daerah bertekanan udara tinggi ke daerah bertekanan udara rendah. Angin diberi nama sesuai dengan dari air mana angin datang. Kecepatan angin berubah dengan jarak diatas permukaan tanah dan perubahannya cepat pada paras (elevasi) rendah (Lusiani & Wardoyo, 2017). Kecepatan angin adalah rata-rata laju pergerakan angin yang merupakan gerakan horizontal udara terhadap permukaan bumi suatu waktu yang diperoleh dari hasil pengukuran harian. Kecepatan angin dapat diukur dengan suatu alat yang dinamakan anemometer (Suwarta et al., 2017). Menurut (Aji & Cahyadi, 2015) menjelaskan, semakin tinggi kecepatan angin, maka konsentrasi polutan di udara akan semakin kecil karena polutan tersebut terbawa angin menjauhi lokasi pengukuran. Semakin tinggi kecepatan angin, maka pencemar akan terdilusi melalui dispersi sehingga peningkatan kecepatan angin akan mempercepat terjadinya dispersi dan dilusi pencemar udara sehingga konsentrasi pencemar rendah.

II.5 *Passive Sampler*

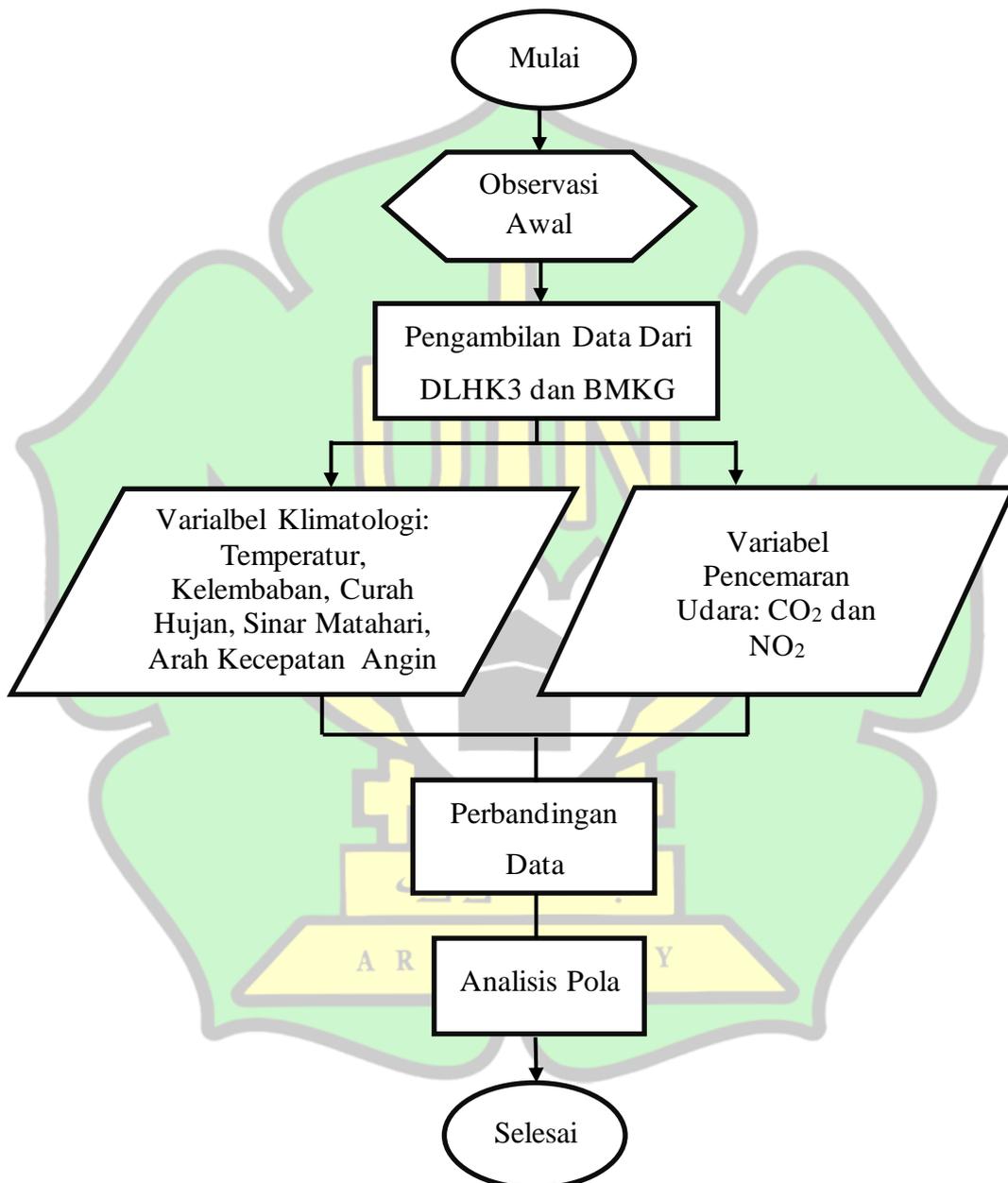
Metode *passive sampler* ini dikembangkan berdasarkan hukum Fick dan

hukum Henry, yang penggunaannya sangat mudah untuk mengukur polutan-polutan udara seperti di luar ruangan (*outdoor*) maupun di dalam ruangan (*indoor*), dan dapat dikembangkan untuk menganalisa sekaligus beberapa polutan secara simultan. Disamping itu, beberapa keunggulan dapat diperoleh seperti sangat mudah untuk pengambilan sampel, tidak diperlukan baterai maupun pompa saat pengambilan sampel, tidak terpengaruh perubahan cuaca seperti oleh kecepatan/arah angin, kelembaban udara. Berdasarkan keunggulan-keunggulan ini, berbagai jenis *passive sampler* dikembangkan seperti oleh E. Yamada dan T. Korenaga dkk. yang telah mengembangkan *passive sampler* untuk mengukur kadar gas SO₂ udara ambien. Disamping untuk mengukur bahan polutan secara terpisah, *passive sampler ini* juga telah dikembangkan untuk menganalisa secara simultan beberapa polutan sekaligus seperti pengukuran gas SO₂ dan gas NO₂. (Susanto et al., 2004).



BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

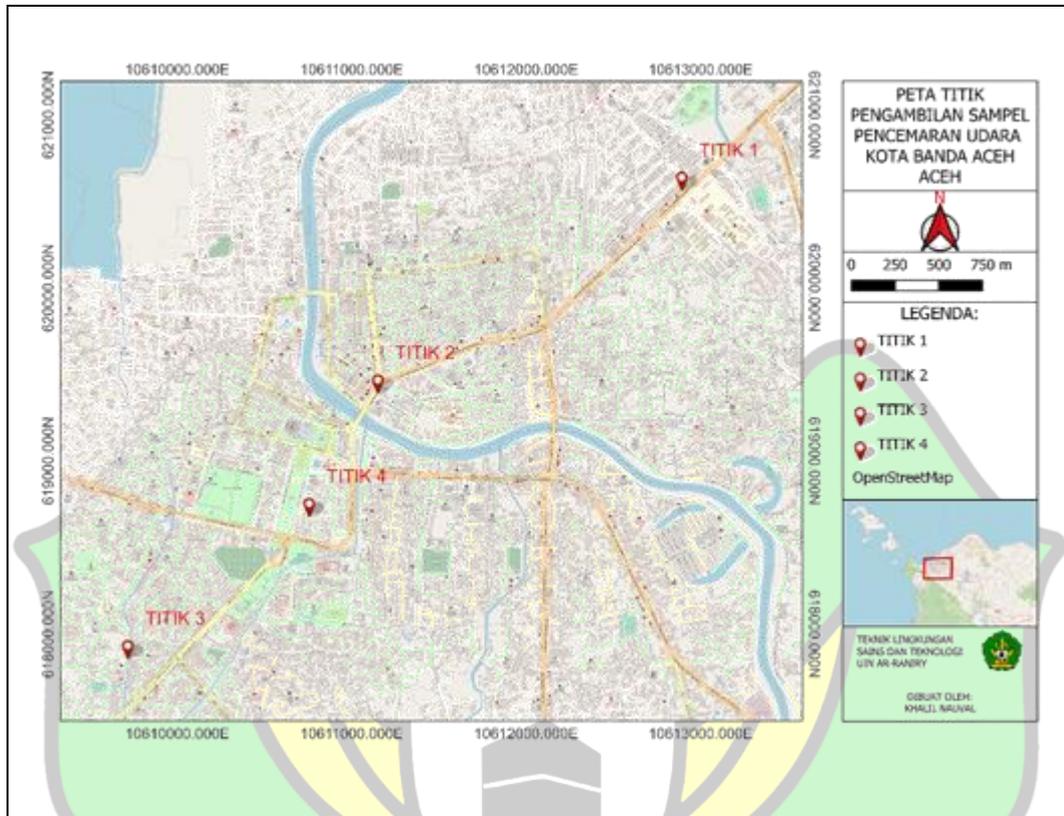
III.1 Tahapan Umum



Gambar III. 1 Tahapan Penelitian

III.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2022. Penelitian ini dilakukan di Kota Banda Aceh. Dapat di lihat pada **Gambar III.2**



Gambar III. 2 Peta Kota Banda Aceh
(Sumber: *Qgis, OpenStreetMap*)

III.3. Sumber Pengumpulan Data

Data sekunder adalah jenis data yang diperoleh dari sumber yang sudah ada dan diterbitkan oleh lembaga pemerintah, institusi swasta, atau sumber lainnya. Dalam penelitian ini digunakan data sekunder dari DLHK3 untuk mengambil data kualitas udara untuk parameter SO_2 dan NO_2 pada bulan Juni dan desember di tahun 2019-2022. Selain itu, digunakan juga data dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) berupa data iklim seperti temperatur, kelembaban, curah hujan, sinar matahari dan arah kecepatan angin pada tahun 2019-2022.

III.4 Analisis Data

Dalam penelitian ini, metode analisis yang digunakan adalah kalibrasi data

hasil perbandingan linear berganda dari alat pemantauan udara berbasis metode *Passive Sampler* parameter SO₂ dan NO₂ dengan data BMKG yang mencakup variabel Temperatur, Kelembaban, Curah hujan, Sinar matahari, dan Arah kecepatan angin. Metode kalibrasi sangat penting karena dapat menyesuaikan data hasil pemantauan udara sehingga dapat dihasilkan data yang akurat dan valid. Proses kalibrasi dilakukan dengan menggunakan aplikasi software SPSS, salah satu software statistik terkemuka dalam bidang penelitian. Software SPSS digunakan untuk melakukan perhitungan dan analisis data hasil perbandingan linear berganda yang diperoleh dari alat pemantauan udara *Passive Sampler* dan data BMKG. Hal ini dilakukan dengan memperhitungkan variabel cuaca seperti temperatur, kelembaban, curah hujan, sinar matahari, dan arah kecepatan angin yang berpengaruh terhadap kualitas udara di kota Banda Aceh. Dengan metode kalibrasi yang tepat, dapat dihasilkan data yang lebih akurat dan valid untuk analisis kualitas udara di kota Banda Aceh.

III.5 Regresi Linear Berganda

Regresi linear berganda adalah sebuah variabel terikat yang di lambangkan dengan huruf (Y) dependen, dan dihubungkan dengan variabel bebas (X) independen. Juga dapat digunakan untuk memprediksi atau menaksir (estimasi) besarnya nilai suatu variabel terhadap variabel lainnya. Dalam penelitian ini variabel (Y) SO₂ dan NO₂, yang selanjutnya dihubungkan dengan lima variabel bebas yakni X1 = Temperatur, X2 = Kelembaban, X3 = Curah hujan, X4 = Sinar matahari dan X5 = Arah kecepatan angin.

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5$$

Keterangan:

Y = SO₂ dan NO₂

a = konstanta

b = Koefisien linier berganda

X1 = Temperatur

X2 = Kelembaban

X3 = Curah hujan

X4 = Sinar matahari

X5 = Arah kecepatan anggi

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Gambaran Umum Daerah penelitian

Titik lokasi pemantauan kualitas udara berada di Kota Banda Aceh dengan jumlah titik pemantauan sebanyak empat titik pemantauan, transportasi simpang lima, industri tahu solo, permukiman gampong lampriet, dan perkantoran balai kota banda aceh. Penentuan titik pemantauan didasarkan pada kepadatan penduduk dan lalu lintas kendaraan di dalam wilayah sampling pemantauan SO_2 dan NO_2 yang memiliki kepadatan penduduk serta lalu lintas kendaraan yang berada di dalam wilayah sampling pemantauan SO_2 dan NO_2 dengan menggunakan alat *passive sampler* yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Kebersihan Dan Keindahan Kota Daerah Kota Banda Aceh.

Pada penelitian ini, dilakukan pemantauan kualitas udara di transportasi simpang lima untuk mengetahui dampak dari emisi gas yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor terhadap kualitas udara sekitar jalan raya. Titik pengambilan sampel udara diambil pada jarak sekitar 3 meter dari pinggir jalan, sehingga memberikan representasi yang akurat mengenai tingkat polusi udara di sekitar jalan raya tersebut. Dengan demikian, diharapkan dapat diperoleh informasi yang berguna bagi upaya peningkatan kualitas udara dan kesehatan lingkungan.



Gambar IV. 1 Transportasi Simpang Lima

Penelitian selanjutnya akan dilakukan di industri tahu Solo untuk mengevaluasi dampak kegiatan industri terhadap pencemaran udara di sekitar wilayah tersebut. Penelitian ini akan menggunakan alat *Passive sampler* yang diposisikan pada jarak minimal 15 meter dari sumber emisi. Hal ini dilakukan agar data yang diperoleh dapat merepresentasikan kualitas udara yang sebenarnya di sekitar kegiatan industri tanpa terpengaruh oleh emisi langsung dari sumber tersebut. Pemantauan kualitas udara akan mencakup pengukuran kadar partikulat dan gas pencemar seperti nitrogen dioksida, sulfur dioksida.



Gambar IV. 2 Industri Tahu solo

Lokasi penelitian pada titik 3 yang terletak di Gampong Lampriet ini dipilih dengan tujuan untuk mengukur seberapa besar tingkat pencemaran udara yang disebabkan oleh emisi gas buang dari kegiatan masyarakat di sekitar pemukiman padat. Dalam penelitian ini, akan dilakukan pengukuran kualitas udara yang mencakup parameter-parameter seperti kadar partikulat dan gas pencemar. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran mengenai kondisi lingkungan di tersebut, sehingga dapat diambil tindakan yang tepat dalam mengatasi masalah pencemaran udara di wilayah tersebut. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kebersihan lingkungan demi kesehatan dan kesejahteraan bersama.



Gambar IV. 3 Pemukiman Gampong Lampriet

Titik sampling udara ambien di Perkantoran Balai kota Banda Aceh terletak di jalan Tgk Abu Lam U nomor 7. Lokasi ini dipilih dengan tujuan untuk mengetahui tingkat pencemaran udara di wilayah perkantoran akibat adanya emisi, terutama yang berasal dari aktivitas yang ada di sekitar lokasi atau padat perkantoran. Pemantauan kualitas udara akan dilakukan dengan menggunakan alat pengukur kualitas udara yang meliputi parameter-parameter seperti partikulat dan gas pencemar. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kondisi lingkungan di sekitar wilayah perkantoran, sehingga dapat diambil langkah-langkah untuk mengatasi masalah pencemaran udara yang ada. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga lingkungan dan kesehatan di wilayah perkantoran, serta mendorong penggunaan teknologi yang ramah lingkungan dalam kegiatan perkantoran.



Gambar IV. 4 perkantoran Balai kota Banda Aceh

IV.2 Pemantauan Kualitas Udara SO₂ dan NO₂

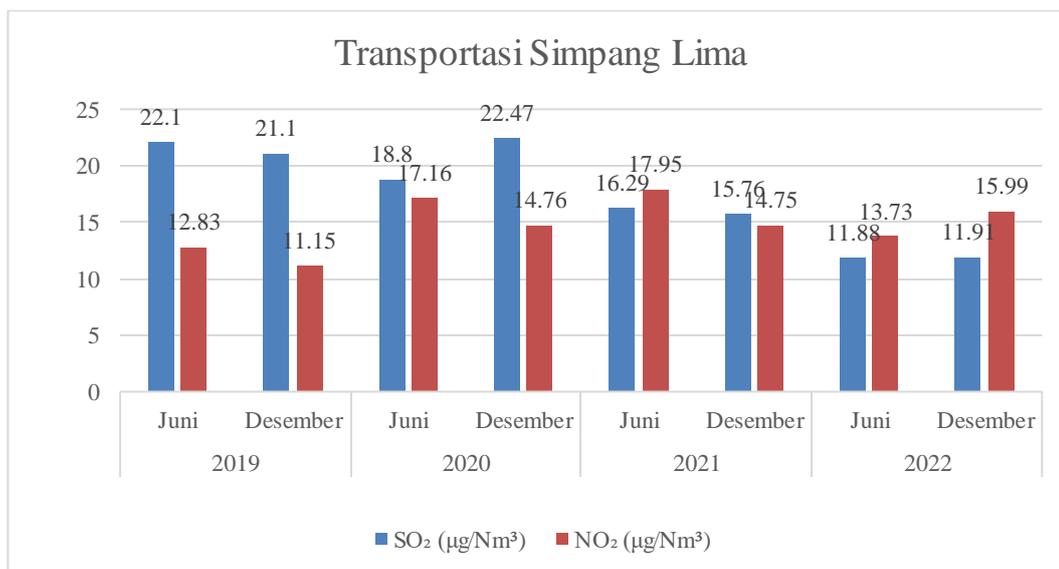
Kualitas udara di Kota Banda Aceh dilakukan pemantauan kualitas udara ambien pada 4 titik sampling menggunakan metode *passive sampler* yang tersebar di Kota Banda Aceh dan di setiap titik sampling terdapat dua parameter yaitu SO₂ dan NO₂. Lokasi pengambilan kualitas udara diambil untuk mewakili beberapa di kota Banda Aceh, antara lain transportasi simpang lima, industri tahu solo, pemukiman gampong lampriet dan perkantoran balai kota banda aceh. sebagai berikut: Dari hasil pengumpulan data yang dilakukan, diperoleh data sekunder dari DLHK3 Kota Banda Aceh: data hasil pengukuran kualitas udara ambien gas SO₂ dan NO₂ dengan menggunakan alat *Passive Sampler* tahun 2019-2022 dapat dilihat pada **Tabel IV.1**

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

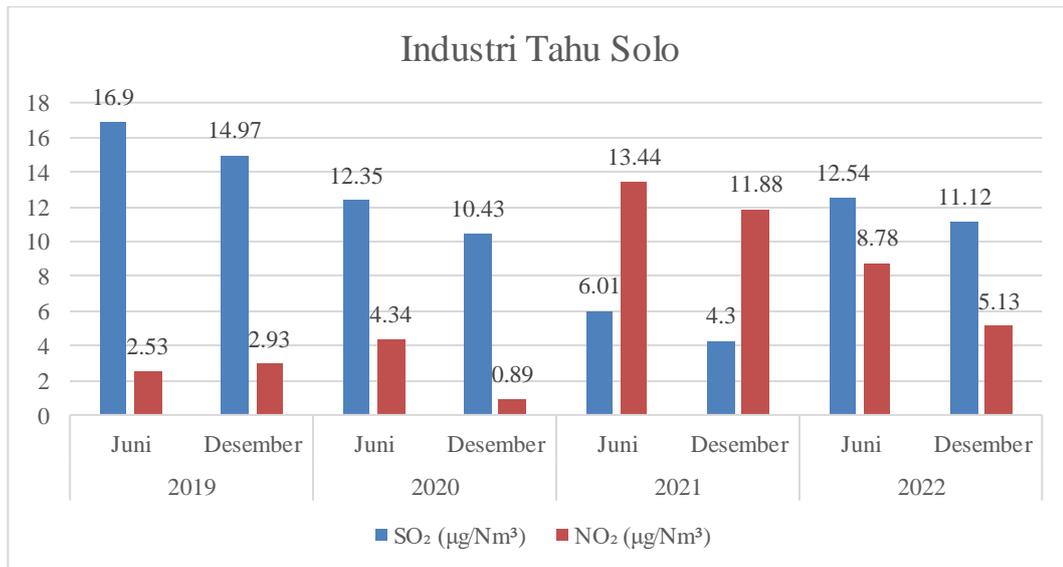
Tabel IV. 1 Hasil kualitas udara SO₂ dan NO₂ (*Passive Sampler*)

Tahun	Bulan	Transportasi Simpang Lima	
		SO ₂ (µg/Nm ³)	NO ₂ (µg/Nm ³)
2019	Juni	22,1	12,83
	Desember	21,1	11,15
2020	Juni	18,8	17,16
	Desember	22,47	14,76
2021	Juni	16,29	17,95
	Desember	15,76	14,75
2022	Juni	11,88	13,73
	Desember	11,91	15,99
Tahun	Bulan	Industri Tahu Solo	
		SO ₂ (µg/Nm ³)	NO ₂ (µg/Nm ³)
2019	Juni	16,9	2,53
	Desember	14,97	2,93
2020	Juni	12,35	4,34
	Desember	10,43	0,89
2021	Juni	6,01	13,44
	Desember	4,3	11,88
2022	Juni	12,54	8,78
	Desember	11,12	5,13
Tahun	Bulan	Permukiman Gampong Lampriet	
		SO ₂ (µg/Nm ³)	NO ₂ (µg/Nm ³)
2019	Juni	7,24	5,07
	Desember	7,97	6,3
2020	Juni	6,82	4,43
	Desember	10,48	6,62
2021	Juni	3,81	6,83
	Desember	4,45	5,86
2022	Juni	5,42	5,31
	Desember	3,33	4,3
Tahun	Bulan	Perkantoran Balai kota Banda Aceh	
		SO ₂ (µg/Nm ³)	NO ₂ (µg/Nm ³)
2019	Juni	13,87	10,4
	Desember	12,69	11,7
2020	Juni	10,13	9,44
	Desember	10,65	7,31
2021	Juni	10,93	11
	Desember	4,45	8,94
2022	Juni	11,5	9,02
	Desember	5,54	12,02



Gambar IV. 5 Pengukuran Kualitas Udara Di Simpang Lima.

Baku mutu pencemaran SO₂ dan NO₂ merujuk pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Peraturan tersebut menetapkan parameter-parameter kualitas udara yang diukur adalah konsentrasi Sulfur Dioksida (SO₂) dan Nitrogen Dioksida (NO₂). Berdasarkan Gambar IV.5 dapat dilihat bahwa konsentrasi SO₂ dan NO₂ dari tahun 2019 hingga 2022 memiliki tingkat variasi. Konsentrasi tertingginya terjadi pada bulan Desember 2020 dengan konsentrasi SO₂ sebesar 22,47 µg/Nm³. Sedangkan konsentrasi terendah terjadi pada bulan Juni 2022 dengan konsentrasi 11,88 µg/Nm³. Dapat disimpulkan bahwa hal ini mungkin disebabkan oleh aktivitas manusia seperti peningkatan jumlah kendaraan yang melewati simpang lima. Sedangkan tingkat konsentrasi NO₂ tertinggi terjadi pada bulan Juni 2021 dengan konsentrasi sebesar 17,95 µg/Nm³, sedangkan tingkat konsentrasi terendah terjadi pada bulan Desember 2019 dengan konsentrasi 11,15 µg/Nm³. Hal ini disebabkan oleh aktivitas manusia seperti banyaknya kendaraan yang melewati simpang lima.

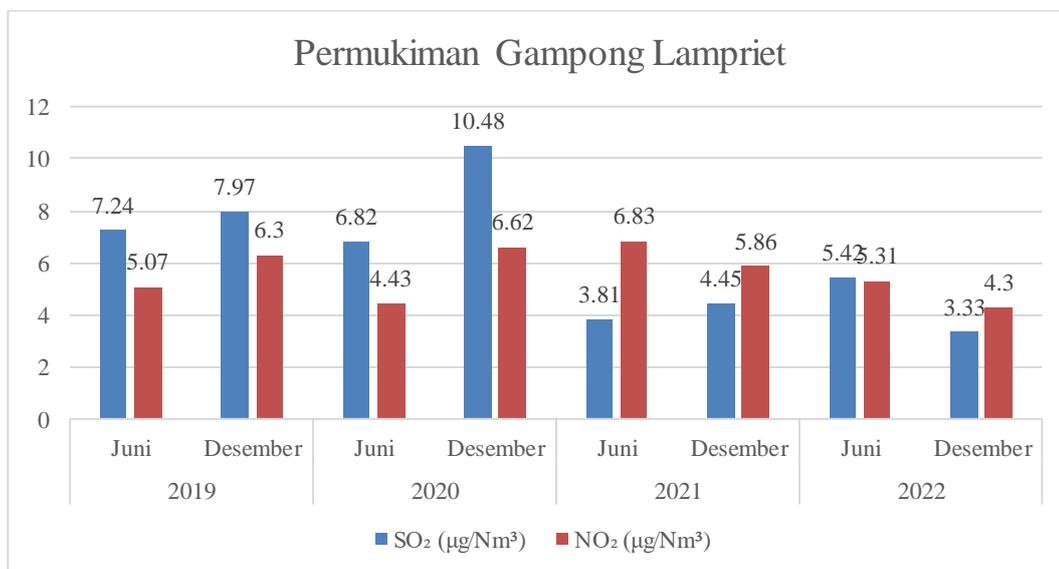


Gambar IV. 6 Pengukuran kualitas udara di industri tahu solo

Berdasarkan **Gambar IV.6**, dapat dilihat bahwa konsentrasi SO₂ dan NO₂ dari tahun 2019 hingga 2022 memiliki tingkat variasi. Konsentrasi tertingginya terjadi pada bulan Juni 2019 dengan konsentrasi SO₂ sebesar 16,9 µg/Nm³. Sedangkan konsentrasi terendah terjadi pada bulan Desember 2021 dengan konsentrasi 4,3 µg/Nm³. Dapat disimpulkan bahwa hal ini mungkin disebabkan oleh aktivitas manusia seperti peningkatan jumlah kendaraan yang melewati industri tahu solo. Sedangkan tingkat konsentrasi NO₂ tertinggi terjadi pada bulan Juni 2021 dengan konsentrasi sebesar 13,44 µg/Nm³, sedangkan tingkat konsentrasi terendah terjadi pada bulan Desember 2020 dengan konsentrasi 0,83 µg/Nm³.

جامعة الرانيري

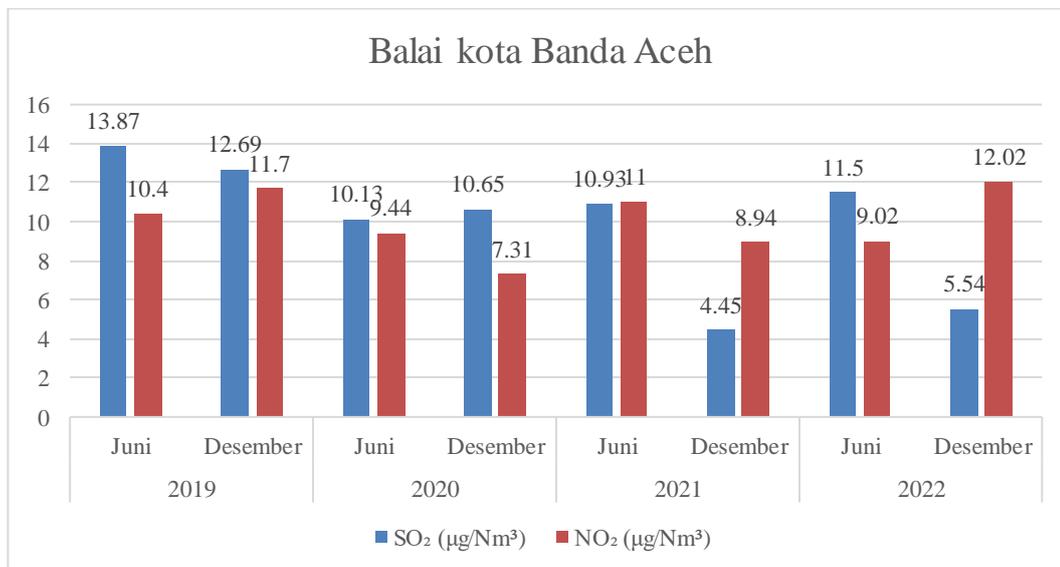
A R - R A N I R Y



Gambar IV. 7 Pengukuran kualitas udara di industri tahu solo

Berdasarkan **Gambar IV.7** dapat dilihat bahwa konsentrasi SO₂ dan NO₂ dari tahun 2019 hingga 2022 memiliki tingkat variasi. Konsentrasi tertingginya terjadi pada bulan Desember 2020 dengan konsentrasi SO₂ sebesar 10,48 µg/Nm³. Sedangkan konsentrasi terendah terjadi pada bulan Desember 2022 dengan konsentrasi 3,33 µg/Nm³. Dapat disimpulkan bahwa hal ini mungkin disebabkan oleh aktivitas manusia seperti peningkatan jumlah kendaraan yang melewati pemukiman gampong Lampriet. Sedangkan tingkat konsentrasi NO₂ tertinggi terjadi pada bulan Juni 2021 dengan konsentrasi sebesar 6,83 µg/Nm³, sedangkan tingkat konsentrasi terendah terjadi pada bulan Desember 2022 dengan konsentrasi 4,3 µg/Nm³. Hal ini disebabkan oleh aktivitas manusia seperti banyaknya kendaraan yang melewati pemukiman gampong Lampriet.

A R - R A N I R Y



Gambar IV. 8 Kualitas udara di perkotaan Balai kota banda aceh

Berdasarkan **Gambar IV.8** dapat dilihat bahwa konsentrasi SO₂ dan NO₂ dari tahun 2019 hingga 2022 memiliki tingkat variasi. Konsentrasi tertingginya terjadi pada bulan Juni 2019 dengan konsentrasi SO₂ sebesar 13,87 µg/Nm³. Sedangkan konsentrasi terendah terjadi pada bulan Desember 2022 dengan konsentrasi 4,45 µg/Nm³. Dapat disimpulkan bahwa hal ini mungkin disebabkan oleh aktivitas manusia seperti peningkatan jumlah kendaraan yang melewati perkotaan Balai kota banda aceh. Sedangkan tingkat konsentrasi NO₂ tertinggi terjadi pada bulan Desember 2022 dengan konsentrasi sebesar 12,2 µg/Nm³, sedangkan tingkat konsentrasi terendah terjadi pada bulan Desember 2020 dengan konsentrasi 7,31 µg/Nm³. Hal ini disebabkan oleh aktivitas manusia seperti kegiatan di sekitar perkantoran Balai kota banda aceh.

Berdasarkan hasil penelitian ini, diketahui bahwa konsentrasi SO₂ dan NO₂ di setiap Kota Banda Aceh telah diukur dan dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Republik Indonesia melalui Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Hasil analisis menunjukkan bahwa di setiap Kota Banda Aceh tidak mengalami pencemaran udara akibat konsentrasi SO₂ dan NO₂ yang melebihi baku mutu yang telah ditetapkan.

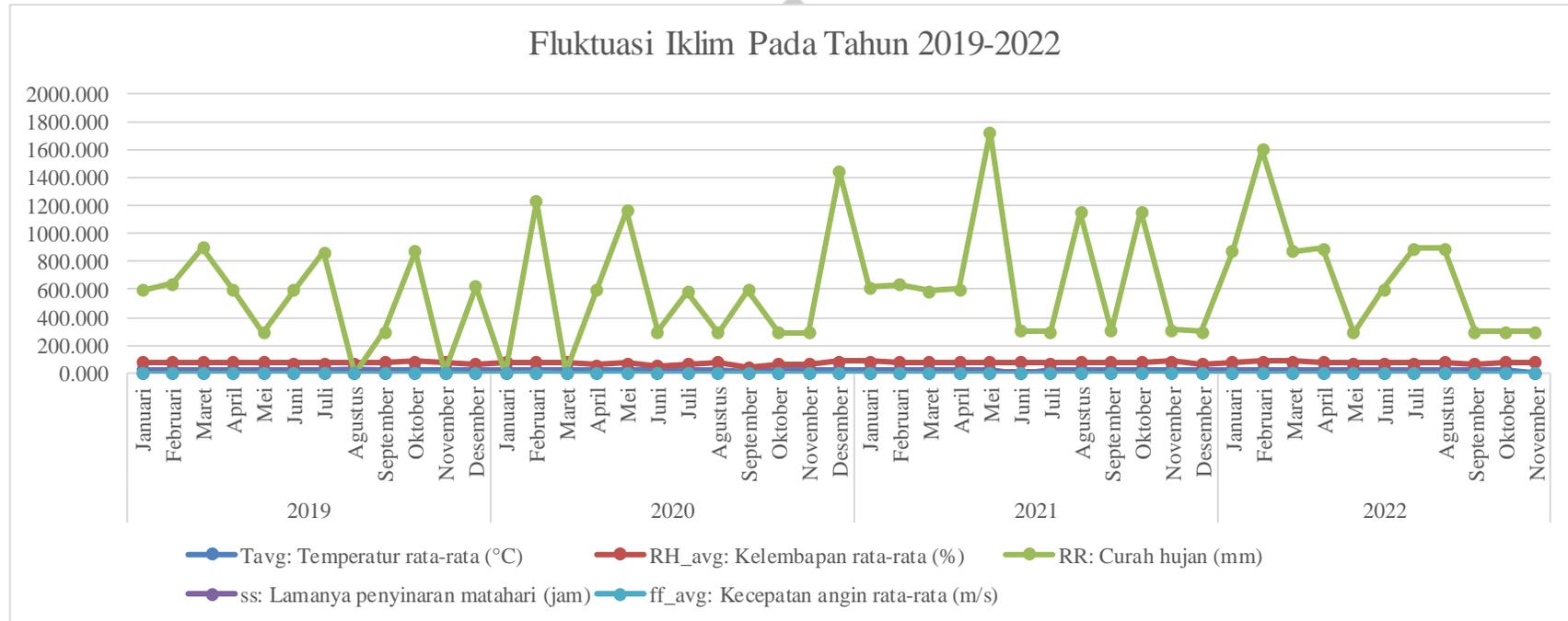
IV.2 Fluktuasi Iklim Pada Tahun 2019-2022

Dari hasil pengumpulan data yang dilakukan, diperoleh data sekunder dari BMKG Kota Banda Aceh: data hasil pengukuran kualitas udara Di mana X1 menunjukkan Temperatur dalam derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$), X2 menunjukkan tingkat Kelembaban dalam persen (%), X3 menunjukkan curah hujan dalam milimeter (mm), X4 menunjukkan durasi sinar matahari dalam (jam), dan X5 menunjukkan arah kecepatan angin dalam meter per detik (m/s) tahun 2019-2022 dapat dilihat pada **Tabel IV.2**

Tabel IV. 2 Hasil Pemantauan iklim (BMKG)

Tahun	Bulan	Tavg: ($^{\circ}\text{C}$)	RH avg: (%)	RR: (mm)	ss: (jam)	Ff avg: (m/s)
2019	Januari	26.013	79.323	597.320	4.971	2.710
	Februari	27.007	82.643	643.871	6.857	2.536
	Maret	27.252	82.774	896.880	6.119	2.258
	April	27.770	81.700	597.263	5.540	2.200
	Mei	28.065	79.323	292.387	5.552	2.581
	Juni	26.380	71.167	595.600	4.667	2.400
	Juli	27.823	75.742	864.339	6.532	2.419
	Agustus	28.223	71.516	2.397	5.603	2.677
	September	27.647	79.033	300.403	3.772	2.367
	Oktober	25.755	88.419	875.171	2.471	2.000
	November	25.883	81.167	9.053	3.343	2.400
	Desember	20.429	64.484	622.234	3.755	2.806
2020	Januari	27.216	77.548	0.258	5.774	3.387
	Februari	27.241	79.207	1230.066	6.831	3.621
	Maret	27.597	80.000	6.926	6.439	2.968
	April	20.080	60.967	601.787	2.927	1.867
	Mei	22.961	70.484	1165.113	2.645	2.032
	Juni	19.467	54.833	297.920	4.680	1.833
	Juli	22.855	68.000	579.223	3.977	2.129
	Agustus	27.968	79.000	289.771	5.629	2.871
	September	13.347	41.400	597.930	2.020	1.300

	Oktober	22.632	66.968	292.765	3.981	2.774
	November	22.632	66.968	292.765	3.981	2.774
	Desember	26.403	84.516	1441.213	3.471	2.484
2021	Januari	26.152	83.935	613.210	4.013	2.774
	Februari	26.864	80.214	638.036	7.182	2.714
	Maret	26.490	82.839	587.942	5.148	2.677
	April	27.050	81.667	600.107	6.313	2.500
	Mei	27.890	81.710	1727.126	5.113	2.355
	Juni	2.355	78.433	302.643	4.757	2.170
	Juli	27.768	74.774	299.410	4.381	2.613
	Agustus	27.326	77.000	1152.665	4.368	2.742
	September	27.326	78.700	303.760	4.193	2.433
	Oktober	26.419	76.806	1157.745	4.158	2.613
	November	26.217	85.733	309.210	2.043	2.133
	Desember	21.284	67.226	298.326	3.806	2.290
2022	Januari	26.574	82.548	872.884	5.090	2.645
	Februari	26.479	84.286	1602.150	3.993	2.643
	Maret	26.813	84.710	870.984	4.071	2.129
	April	27.433	82.233	891.127	5.340	2.400
	Mei	26.116	73.968	291.645	4.865	2.548
	Juni	25.327	75.133	602.413	4.530	2.500
	Juli	27.816	75.806	893.963	4.965	2.677
	Agustus	27.374	77.355	895.263	5.223	2.452
	September	24.517	69.567	300.227	5.490	2.633
	Oktober	24.835	78.452	299.790	2.600	2.323
	November	2.323	78.452	299.790	2.600	2.323



Gambar IV. 9 grafik BMKG 2019-2022.



Grafik diatas menunjukkan Fluktuasi iklim pada tahun 2019-2022, dan hasilnya menunjukkan bahwa curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Mei 2021 pada grafik dengan nilai mencapai 1727.126, temperatur tertinggi terjadi pada bulan Agustus 2019 dengan nilai 28.223, kelembaban tertinggi terjadi pada bulan Oktober 2019 dengan nilai 88.419, sinar matahari tertinggi terjadi pada bulan Februari 2021 dengan nilai 7.182, arah kecepatan angin tertinggi terjadi pada bulan Februari 2020 dengan nilai 3.621. Curah hujan tinggi dapat membantu membersihkan udara dari polutan udara seperti debu, asap, dan gas berbahaya lainnya. Ketika hujan turun, partikel-partikel tersebut akan terbawa oleh air hujan dan turun ke tanah, sehingga udara menjadi lebih bersih dan segar. Temperatur tinggi dapat meningkatkan jumlah polutan udara seperti nitrogen dioksida. Hal ini terjadi karena suhu yang lebih tinggi dapat mempercepat reaksi kimia antara polutan udara dan sinar matahari. Sinar matahari yang kuat dapat meningkatkan risiko kebakaran hutan dan lahan. Kebakaran hutan dan lahan dapat menyebabkan pelepasan besar-besaran gas beracun dan partikel ke udara, yang dapat mempengaruhi kualitas udara di sekitarnya. Arah dan kecepatan angin yang tinggi juga dapat membawa polutan udara jauh dari sumbernya, menyebabkan kualitas udara menjadi buruk di wilayah-wilayah yang lebih jauh. Ini dapat menyebabkan masalah pernapasan dan kesehatan lainnya di daerah tersebut, terutama jika polutan udara tersebut berbahaya seperti asap rokok, gas beracun, dan partikel debu.

IV.4 Pengaruh Iklim Terhadap Parameter SO₂

Dalam perhitungan Linear antara iklim dan Parameter SO₂, beberapa variabel independen ditandai dengan huruf X. Dimana X1 menunjukkan Temperatur dalam derajat Celcius (°C), X2 menunjukkan tingkat Kelembaban dalam persen (%), X3 menunjukkan curah hujan dalam milimeter (mm), X4 menunjukkan durasi sinar matahari dalam (jam), dan X5 menunjukkan arah kecepatan angin dalam meter per detik (m/s). Variabel dependen, yaitu konsentrasi SO₂ (*sulfur dioksida*), ditandai dengan huruf Y.

Tabel IV. 3 Parameter SO₂ Transportasi Simpang Lima 2019-2022.

Tahun	Model	Tahap I			Tahap II		
		B	t	sig.	B	t	sig.
2019	(Constant)	17.447	2.242	.066	25.753	3.309	.016
	Temperatur	-.013	-.075	.942	.013	.075	.942
	Kelembaban	.030	.748	.483	-.030	-.748	.483
	Curah Hujan	.000	.274	.793	.000	-.274	.793
	Sinar Matahari	.191	.754	.479	-.191	-.754	.479
	Arah Kecepatan Angin	.434	.275	.792	-.434	-.275	.792
2020	(Constant)	21.659	5.265	.002	19.611	4.767	.003
	Temperatur	-.419	-.227	.828	.419	.227	.828
	Kelembaban	.146	.254	.808	-.146	-.254	.808
	Curah Hujan	-.001	-.474	.652	.001	.474	.652
	Sinar Matahari	-.804	-.609	.565	.804	.609	.565
	Arah Kecepatan Angin	1.113	.463	.660	-1.113	-.463	.660
2021	(Constant)	13.273	12.588	.000	18.777	17.809	.000
	Temperatur	-.016	-1.678	.144	.016	1.678	.144
	Kelembaban	.030	2.787	.032	-.030	-2.787	.032
	Curah Hujan	-.005	-.442	.674	-.005	-.442	.674
	Sinar Matahari	.131	2.767	.033	-.131	-2.767	.033
	Arah Kecepatan Angin	.134	1.109	.917	-.034	-.109	.917
2022	(Constant)	12.213	46.463	.000	11.577	44.045	.000
	Temperatur	.000	-.427	.687	.000	.427	.687
	Kelembaban	-.003	-1.365	.230	.003	1.365	.230
	Curah Hujan	-.005	.643	.549	-.005	-.643	.549
	Sinar Matahari	-.005	-.717	.505	.005	.717	.505
	Arah Kecepatan Angin	-.019	-.405	.702	.019	.405	.702

Berdasarkan **Tabel IV.3** di tahun 2019 Tahap I, hasil yang diperoleh pada tabel Koefisien, yaitu koefisien arah regresi b_1 -0,013, b_2 0,030, b_3 0,000, b_4 0,191 dan b_5 0,434. Konstanta (a) sebesar 17,447 sehingga persamaan regresinya adalah:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 = -0,013, 0,030, 0,000, 0,191 \text{ dan } 0,434.$$

Dari persamaan regresi linear berganda tersebut, dapat kita simpulkan bahwa, setiap perubahan data temperatur, Kelembaban, curah hujan, sinar matahari dan arah kecepatan angin, sebesar satuan dapat diestimasi/penilaian data pengaruh akan berubah sebesar -0,013, 0,030, 0,000, 0,191 dan 0,434, pada satuan beda arah dan arah yang sama. Hasil dari koefisien regresi berganda diperoleh nilai Kelembaban 0,030 (X2), Sinar Matahari 0,191 (X4), dan arah kecepatan angin 0,434 (X5) maka menunjukkan koefisien regresi bernilai positif menyatakan adanya hubungan searah (linear) terhadap konsentrasi SO₂. Sedangkan koefisien regresi yang bernilai negatif Kelembaban -0,013 (X1) Maka ada hubungan terbalik atau berlawanan arah.

Pada tahun 2019 Tahap II, hasil yang diperoleh pada tabel Koefisien, yaitu koefisien arah regresi b_1 0,013, b_2 -0,013, b_3 0,000, b_4 -0,191 dan b_5 -0,434. Konstanta (a) sebesar 25,753 sehingga persamaan regresinya adalah:

$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 = 0,013, -0,030, 0,000, -0,191 \text{ dan } -0,434.$ Dari persamaan regresi linear berganda tersebut, dapat kita simpulkan bahwa, setiap perubahan data temperatur, Kelembaban, curah hujan, sinar matahari dan arah kecepatan angin, sebesar satuan dapat diestimasi/penilaian data pengaruh akan berubah sebesar 0,013, -0,030, 0,000, -0,191 dan -0,434. Pada satuan beda arah dan arah yang sama. Hasil dari koefisien regresi berganda diperoleh nilai temperatur 0,013 (X1) maka menunjukkan koefisien regresi bernilai positif menyatakan adanya hubungan searah (linear) terhadap konsentrasi SO₂. Sedangkan koefisien regresi yang bernilai negatif Kelembaban -0,030 (X1), sinar matahari -0,191 (4) dan arah kecepatan angin -0,434 Maka ada hubungan terbalik atau berlawanan arah.

Tabel IV. 4 Parameter SO₂ Industri Tahu Solo 2019-2022

Tahun	Model	Tahap I			Tahap II		
		B	t	Sig.	B	t	Sig.
2019	(Constant)	7.919	.527	.617	7.919	.527	.617
	Temperatur	-.026	-.075	.942	-.026	-.075	.942
	Kelembaban	.059	.748	.483	.059	.748	.483
	Curah Hujan	.001	.274	.793	.001	.274	.793
	Sinar Matahari	.368	.754	.479	.368	.754	.479
	Arah Kecepatan Angin	.838	.275	.792	.838	.275	.792
2020	(Constant)	10.854	5.043	.002	11.926	5.541	.001
	Temperatur	.219	.227	.828	-.219	-.227	.828
	Kelembaban	-.077	-.254	.808	.077	.254	.808
	Curah Hujan	.001	.474	.652	-.001	-.474	.652
	Sinar Matahari	.421	.609	.565	-.421	-.609	.565
	Arah Kecepatan Angin	-.582	-.463	.660	.582	.463	.660
2021	(Constant)	-3.725	-	.315	14.035	4.126	.006
	Temperatur	-.050	-	.144	.050	1.678	.144
	Kelembaban	.098	2.787	.032	-.098	-	.032
	Curah Hujan	.000	.442	.674	.000	-.442	.674
	Sinar Matahari	.424	2.767	.033	-.424	-	.033
	Arah Kecepatan Angin	-.111	1.109	.917	-.111	-.109	.917
2022	(Constant)	-3.613	-.282	.789	27.313	2.135	.086
	Temperatur	.020	.427	.687	-.020	-.427	.687
	Kelembaban	.155	1.365	.230	-.155	-	.230
	Curah Hujan	-.001	-.643	.549	.001	.643	.549
	Sinar Matahari	.266	.717	.505	-.266	-.717	.505
	Arah Kecepatan Angin	.920	.405	.702	-.920	-.405	.702

Berdasarkan **Tabel IV.4** tahun 2021 Tahap I, hasil yang diperoleh pada tabel Koefisien, yaitu b_1 -0,050, b_2 0,098, b_3 0,000, b_4 0,424 dan b_5 0,111. Konstanta (a) sebesar -3,725 sehingga persamaan regresinya adalah:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 = -0,050, 0,098, 0,000, 0,424 \text{ dan } 0,111.$$

Dari persamaan regresi linear berganda tersebut, dapat kita simpulkan bahwa, setiap perubahan data temperatur, Kelembaban, curah hujan, sinar matahari dan arah kecepatan angin, sebesar satuan dapat diestimasikan/penilaian data pengaruh akan berubah sebesar -0,050, 0,098, 0,000, 0,424 dan 0,111, pada satuan beda arah dan arah yang sama. Hasil dari koefisien regresi berganda diperoleh nilai Kelembaban 0,098 (X2), Sinar Matahari 0,424 (X4), dan arah kecepatan angin 0,111 (X5) maka menunjukkan koefisien regresi bernilai positif menyatakan adanya hubungan searah (linear) terhadap konsentrasi SO₂. Sedangkan koefisien regresi yang bernilai negatif Temperatur -0,050 (X1) Maka ada hubungan terbalik atau berlawanan arah.

Pada tahun 2021 Tahap II, hasil yang diperoleh pada tabel koefisien, yaitu koefisien arah regresi b_1 0,050 b_2 -0,098, b_3 0,000, b_4 -0,424 dan b_5 -0,111. Konstanta (a) sebesar 14,035 sehingga persamaan regresinya adalah:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 = 0,050 -0,098, 0,000, -0,424 \text{ dan } -0,111.$$

Dari persamaan regresi linear berganda tersebut, dapat kita simpulkan bahwa, setiap perubahan data temperatur, Kelembaban, curah hujan, sinar matahari dan arah kecepatan angin, sebesar satuan dapat diestimasikan/penilaian data pengaruh akan berubah sebesar 0,050 -0,098, 0,000, -0,424 dan -0,111. Pada satuan beda arah dan arah yang sama. Hasil dari koefisien regresi berganda diperoleh nilai Temperatur 0,050 (X1) maka menunjukkan koefisien regresi bernilai positif menyatakan adanya hubungan searah (linear) terhadap konsentrasi SO₂. Sedangkan koefisien regresi yang bernilai negatif Kelembaban -0,098 (X2), sinar matahari -0,424 (X4) dan arah kecepatan angin -0,109 (X5), Maka ada hubungan terbalik atau berlawanan arah.

Tabel IV. 5 Parameter SO₂ Gampong Lampriet 2019-2022

Tahun	Model	Tahap I			Tahap II		
		B	t	sig.	B	t	sig.
2019	(Constant)	10.637	1.872	.110	4.573	.805	.452
	Temperatur	.010	.075	.942	-.010	-.075	.942
	Kelembaban	-.022	-.748	.483	.022	.748	.483
	Curah Hujan	.000	-.274	.793	.000	.274	.793
	Sinar Matahari	-.139	-.754	.479	.139	.754	.479
	Arah Kecepatan Angin	-.317	-.275	.792	.317	.275	.792
2020	(Constant)	9.672	2.357	.056	7.628	1.859	.112
	Temperatur	-.418	-.227	.828	.418	.227	.828
	Kelembaban	.146	.254	.808	-.146	-.254	.808
	Curah Hujan	-.001	-.474	.652	.001	.474	.652
	Sinar Matahari	-.802	-.609	.565	.802	.609	.565
	Arah Kecepatan Angin	1.110	.463	.660	-1.110	-.463	.660
2021	(Constant)	7.454	5.854	.001	.806	.633	.550
	Temperatur	.019	1.678	.144	-.019	1.678	.144
	Kelembaban	-.037	2.787	.032	.037	2.787	.032
	Curah Hujan	-.005	-.442	.674	-.005	.442	.674
	Sinar Matahari	-.159	2.767	.033	.159	2.767	.033
	Arah Kecepatan Angin	-.042	-.109	.917	.042	.109	.917
2022	(Constant)	512.223	1.144	.304	569.973	1.273	.259
	Temperatur	.714	.427	.687	-.714	-.427	.687
	Kelembaban	5.431	1.365	.230	-5.431	1.365	.230
	Curah Hujan	-.029	-.643	.549	.029	.643	.549
	Sinar Matahari	9.324	.717	.505	-9.324	-.717	.505
	Arah Kecepatan Angin	32.198	.405	.702	-32.198	-.405	.702

Berdasarkan **Tabel IV.5** tahun 2021 Tahap I, hasil yang diperoleh pada tabel Koefisien, yaitu b_1 0,019, b_2 -0,037, b_3 -0,005, b_4 -0,159 dan b_5 -0,042. Konstanta (a) sebesar 7,454 sehingga persamaan regresinya adalah:

$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 = 0,019, -0,037, -0,005, -0,159$ dan $-0,042$. Dari persamaan regresi linear berganda tersebut, dapat kita simpulkan bahwa, setiap perubahan data temperatur, Kelembaban, curah hujan, sinar matahari dan arah kecepatan angin, sebesar satuan dapat diestimasi/penilaian data pengaruh akan berubah sebesar 0,019, -0,037, -0,005, -0,159 dan -0,042, pada satuan beda arah dan arah yang sama. Hasil dari koefisien regresi berganda diperoleh nilai Temperatur 0,019 (X_1), maka menunjukkan koefisien regresi bernilai positif menyatakan adanya hubungan searah (linear) terhadap konsentrasi SO_2 . Sedangkan koefisien regresi yang bernilai negatif Kelembaban -0,037 (X_2), Curah hujan (X_3), Sinar matahari -0,159 (X_4) dan Arah kecepatan angin -0,042 (X_5) Maka ada hubungan terbalik atau berlawanan arah.

Pada tahun 2021 Tahap II, hasil yang diperoleh pada tabel Koefisien, yaitu koefisien regresi b_1 -0,019, b_2 0,037, b_3 -0,005, b_4 0,159 dan b_5 0,042. Konstanta (a) sebesar 0,806 sehingga persamaan regresinya adalah:

$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 = -0,019, 0,037, -0,005, 0,159$ dan $0,042$. Dari persamaan regresi linear berganda tersebut, dapat kita simpulkan bahwa, setiap perubahan data temperatur, Kelembaban, curah hujan, sinar matahari dan arah kecepatan angin, sebesar satuan dapat diestimasi/penilaian data pengaruh akan berubah sebesar -0,019, 0,037, -0,005, 0,159 dan 0,042, pada satuan beda arah dan arah yang sama. Hasil dari koefisien regresi berganda diperoleh nilai Kelembaban 0,37 (X_1), Sinar matahari 0,159 (X_4), dan Arah kecepatan angin 0,042 (X_5), maka menunjukkan koefisien regresi bernilai positif menyatakan adanya hubungan searah (linear) terhadap konsentrasi SO_2 . Sedangkan koefisien regresi yang bernilai negatif Temperatur -0,019 (X_1), Curah hujan -0,005 (X_3), Maka ada hubungan terbalik atau berlawanan arah.

Tabel IV. 6 Parameter SO₂ Balai Kota Banda Aceh 2019-2022.

Tahun	Model	Tahap I			Tahap II		
		B	t	Sig.	B	t	Sig.
2019	(Constant)	8.379	.912	.397	18.181	1.980	.095
	Temperatur	-.016	-.075	.942	.016	.075	.942
	Kelembaban	.036	.748	.483	-.036	-.748	.483
	Curah Hujan	.000	.274	.793	.000	-.274	.793
	Sinar Matahari	.225	.754	.479	-.225	-.754	.479
	Arah Kecepatan Angin	.512	.275	.792	-.512	-.275	.792
2020	(Constant)	10.535	18.073	.000	10.245	17.575	.000
	Temperatur	-.059	-.227	.828	.059	.227	.828
	Kelembaban	.021	.254	.808	-.021	-.254	.808
	Curah Hujan	.000	-.474	.652	.000	.474	.652
	Sinar Matahari	-.114	-.609	.565	.114	.609	.565
	Arah Kecepatan Angin	.158	.463	.660	-.158	-.463	.660
2021	(Constant)	-25.962	-2.014	.091	41.342	3.207	.018
	Temperatur	-.191	-1.678	.144	.191	1.678	.144
	Kelembaban	.372	2.787	.032	-.372	-2.787	.032
	Curah Hujan	.001	.442	.674	-.001	-.442	.674
	Sinar Matahari	1.606	2.767	.033	-1.606	-2.767	.033
	Arah Kecepatan Angin	.421	.109	.917	-.421	-.109	.917
2022	(Constant)	42.293	1.609	.169	-21.253	-.809	.456
	Temperatur	-.042	-.427	.687	.042	.427	.687
	Kelembaban	-.319	-1.365	.230	.319	1.365	.230
	Curah Hujan	.002	.643	.549	-.002	-.643	.549
	Sinar Matahari	-.548	-.717	.505	.548	.717	.505
	Arah Kecepatan Angin	-1.891	-.405	.702	1.891	.405	.702

Berdasarkan **Tabel IV.6** tahun 2021 Tahap I, hasil yang diperoleh pada tabel Koefisien, yaitu $b_1 -0,191$, $b_2 0,372$, $b_3 0,001$, $b_4 0,1,606$ dan $b_5 0,421$. Konstanta (a) sebesar 7,454 sehingga persamaan regresinya adalah:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 = -0,191, 0,372, 0,001, 0,1,606 \text{ dan } 0,421.$$

Dari persamaan regresi linear berganda tersebut, dapat kita simpulkan bahwa, setiap perubahan data temperatur, Kelembaban, curah hujan, sinar matahari dan arah kecepatan angin, sebesar satuan dapat diestimasi/penilaian data pengaruh akan berubah sebesar $-0,191$, $0,372$, $0,001$, $0,1,606$ dan $0,421$, pada satuan beda arah dan arah yang sama. Hasil dari koefisien regresi berganda diperoleh nilai Kelembaban $0,372$ (X_2), Curah hujan $0,001$ (X_3), Sinar matahari $0,1,606$ (X_4), dan Arah kecepatan angin $0,421$ (X_5), maka menunjukkan koefisien regresi bernilai positif menyatakan adanya hubungan searah (linear) terhadap konsentrasi SO_2 . Sedangkan koefisien regresi yang bernilai negatif adalah Temperatur $-0,191$ (X_1) Maka ada hubungan terbalik atau berlawanan arah.

Pada tahun 2021 Tahap II, hasil yang diperoleh pada tabel Koefisien, yaitu koefisien regresi $b_1 0,191$, $b_2 -0,372$, $b_3 -0,001$, $b_4 -0,1,606$ dan $b_5 -0,421$. Konstanta (a) sebesar 41.342 sehingga persamaan regresinya adalah:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 = -0,191, -0,372, -0,001, -0,1,606 \text{ dan } -0,421.$$

Dari persamaan regresi linear berganda tersebut, dapat kita simpulkan bahwa, setiap perubahan data temperatur, Kelembaban, curah hujan, sinar matahari dan arah kecepatan angin, sebesar satuan dapat diestimasi/penilaian data pengaruh akan berubah sebesar $-0,191$, $-0,372$, $-0,001$, $-0,1,606$ dan $-0,421$, pada satuan beda arah dan arah yang sama. Hasil dari koefisien regresi berganda diperoleh nilai Temperatur $0,191$ (X_1), maka menunjukkan koefisien regresi bernilai positif menyatakan adanya hubungan searah (linear) terhadap konsentrasi SO_2 . Sedangkan koefisien regresi yang bernilai negatif adalah Kelembaban $-0,372$ (X_2), Curah hujan $-0,001$ (X_3), sinar matahari $-0,1,606$ (X_4) dan Arah kecepatan angin $-0,421$ Maka ada hubungan terbalik atau berlawanan arah.

IV.5 Pengaruh Iklim Terhadap Parameter NO₂

Dalam perhitungan Linear antara iklim dan Parameter NO₂, beberapa variabel independen ditandai dengan huruf X. Dimana X1 menunjukkan Temperatur dalam derajat Celsius °C, X2 menunjukkan tingkat Kelembaban dalam persen (%), X3 menunjukkan curah hujan dalam milimeter (mm), X4 menunjukkan durasi cahaya matahari dalam (jam), dan X5 menunjukkan arah dan kecepatan angin dalam meter per detik (m/s). Variabel dependen, yaitu konsentrasi SO₂ (*sulfur dioksida*), ditandai dengan huruf Y.

Tabel IV. 7 Parameter NO₂ Simpang Lima 2019-2022.

Tahun	Model	Tahap I			Tahap II		
		B	t	Sig.	B	t	Sig.
2019	(Constant)	5.012	.383	.715	18.968	1.451	.197
	Temperatur	-.022	-.075	.942	.022	.075	.942
	Kelembaban	.051	.748	.483	-.051	-.748	.483
	Curah Hujan	.000	.274	.793	.000	-.274	.793
	Sinar Matahari	.320	.754	.479	-.320	-.754	.479
	Arah Kecepatan Angin	.730	.275	.792	-.730	-.275	.792
2020	(Constant)	15.290	5.683	.001	16.630	6.181	.001
	Temperatur	.274	.227	.828	-.274	-.227	.828
	Kelembaban	-.096	-.254	.808	.096	.254	.808
	Curah Hujan	.001	.474	.652	-.001	-.474	.652
	Sinar Matahari	.526	.609	.565	-.526	-.609	.565
	Arah Kecepatan Angin	-.728	-.463	.660	.728	.463	.660
2021	(Constant)	-.268	-.042	.968	32.968	5.179	.002
	Temperatur	-.094	-	.144	.094	1.678	.144
	Kelembaban	.184	2.787	.032	-.184	-	.032
	Curah Hujan	.000	.442	.674	.000	-.442	.674
	Sinar Matahari	.793	2.767	.033	-.793	-	.033

	Arah Kecepatan Angin	.208	.109	.917	-.208	-.109	.917
2022	(Constant)	38.796	1.959	.107	-9.076	-.458	.666
	Temperatur	-.032	-.427	.687	.032	.427	.687
	Kelembaban	-.240	-1.365	.230	.240	1.365	.230
	Curah Hujan	.001	.643	.549	-.001	-.643	.549
	Sinar Matahari	-.412	-.717	.505	.412	.717	.505
	Arah Kecepatan Angin	-1.424	-.405	.702	1.424	.405	.702

Berdasarkan **Tabel IV.7** tahun 2021 Tahap I, hasil yang diperoleh pada tabel Koefisien, yaitu b1 -0,094, b2 0,184, b3 0,000, b4 0,793 dan b5 0,208. Konstanta (a) sebesar -0,268 sehingga persamaan regresinya adalah:

$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 = -0,094, 0,184, 0,000, 0,793$ dan $0,208$. Dari persamaan regresi linear berganda tersebut, dapat kita simpulkan bahwa, setiap perubahan data temperatur, Kelembaban, curah hujan, sinar matahari dan arah kecepatan angin, sebesar satuan dapat diestimasikan/penilaian data pengaruh akan berubah sebesar -0,094, 0,184, 0,000, 0,793 dan 0,208, pada satuan beda arah dan arah yang sama. Hasil dari koefisien regresi berganda diperoleh nilai Kelembaban 0,184 (X2), (X3), Sinar matahari 0,793 (X4), dan Arah kecepatan angin 0,208 (X5), maka menunjukkan koefisien regresi bernilai positif menyatakan adanya hubungan searah (linear) terhadap konsentrasi SO₂. Sedangkan koefisien regresi yang bernilai negatif adalah Temperatur -0,094 (X1) Maka ada hubungan terbalik atau berlawanan arah.

Pada tahun 2021 Tahap II, hasil yang diperoleh pada tabel Koefisien, yaitu koefisien regresi b1 0,094, b2 -0,184, b3 0,000, b4 -0,793 dan b5 -0,208. Konstanta (a) sebesar 32,968 sehingga persamaan regresinya adalah:

$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 = -0,094, -0,184, 0,000, -0,793$ dan $-0,208$. Dari persamaan regresi linear berganda tersebut, dapat kita simpulkan bahwa, setiap perubahan data temperatur, Kelembaban, curah hujan, sinar matahari dan arah kecepatan angin, sebesar satuan dapat diestimasikan/penilaian data pengaruh akan berubah sebesar 0,094, -0,184, 0,000,

-0,793 dan -0,208, pada satuan beda arah dan arah yang sama. Hasil dari koefisien regresi berganda diperoleh nilai Temperatur 0,094 maka menunjukkan koefisien regresi bernilai positif menyatakan adanya hubungan searah (linear) terhadap konsentrasi SO₂. Sedangkan koefisien regresi yang bernilai negatif adalah Kelembaban -0,184 (X2), Sinar matahari -0,793 dan Arah kecepatan angin -0,208 (X5) Maka ada hubungan terbalik atau berlawanan arah.

Tabel IV. 8 Parameter NO₂ Industri Tahu Solo 2019-2022

Tahun	Model	Tahap I			Tahap II		
		B	t	Sig.	B	t	Sig.
2019	(Constant)	16.449	1.626	.155	5.651	.558	.597
	Temperatur	.017	.075	.942	-.017	-.075	.942
	Kelembaban	-.039	-.748	.483	.039	.748	.483
	Curah Hujan	.000	-.274	.793	.000	.274	.793
	Sinar Matahari	-.248	-.754	.479	.248	.754	.479
	Arah Kecepatan Angin	-.565	-.275	.792	.565	.275	.792
2020	(Constant)	1.652	.427	.684	3.578	.925	.391
	Temperatur	.394	.227	.828	-.394	-.227	.828
	Kelembaban	-.137	-.254	.808	.137	.254	.808
	Curah Hujan	.001	.474	.652	-.001	-.474	.652
	Sinar Matahari	.756	.609	.565	-.756	-.609	.565
	Arah Kecepatan Angin	-1.046	-.463	.660	1.046	.463	.660
2021	(Constant)	4.559	1.469	.192	20.761	6.690	.001
	Temperatur	-.046	1.678	.144	.046	1.678	.144
	Kelembaban	.089	2.787	.032	-.089	2.787	.032
	Curah Hujan	.000	.442	.674	.000	-.442	.674
	Sinar Matahari	.387	2.767	.033	-.387	2.767	.033
	Arah Kecepatan Angin	.101	.109	.917	-.101	-.109	.917
2022	(Constant)	31.702	-.991	.367	45.612	1.426	.213

Temperatur	.051	.427	.687	-.051	-.427	.687
Kelembaban	.388	1.365	.230	-.388	-1.365	.230
Curah Hujan	-.002	-.643	.549	.002	.643	.549
Sinar Matahari	.666	.717	.505	-.666	-.717	.505
Arah Kecepatan Angin	2.300	.405	.702	-2.300	-.405	.702

Berdasarkan **Tabel IV.8** tahun 2021 Tahap I, hasil yang diperoleh pada tabel Koefisien, yaitu $b_1 -0,046$, $b_2 0,089$, $b_3 0,000$, $b_4 0,387$ dan $b_5 0,101$. Konstanta (a) sebesar 4,559 sehingga persamaan regresinya adalah:

$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 = -0,046, 0,089, 0,000, 0,387$ dan $0,101$. Dari persamaan regresi linear berganda tersebut, dapat kita simpulkan bahwa, setiap perubahan data temperatur, Kelembaban, curah hujan, sinar matahari dan arah kecepatan angin, sebesar satuan dapat diestimasi/penilaian data pengaruh akan berubah sebesar $-0,046, 0,089, 0,000, 0,387$ dan $0,101$, pada satuan beda arah dan arah yang sama. Hasil dari koefisien regresi berganda diperoleh nilai Kelembaban $0,089$ (X2), Curah hujan $0,000$ (X3), Sinar matahari $0,387$ (X4), dan Arah kecepatan angin $0,101$ (X5), maka menunjukkan koefisien regresi bernilai positif menyatakan adanya hubungan searah (linear) terhadap konsentrasi SO_2 . Sedangkan koefisien regresi yang bernilai negatif adalah Temperatur $-0,046$ (X1). Maka ada hubungan terbalik atau berlawanan arah.

Pada tahun 2021 Tahap II, hasil yang diperoleh pada tabel Koefisien, yaitu koefisien regresi $b_1 0,046$, $b_2 -0,089$, $b_3 0,000$, $b_4 -0,387$ dan $b_5 -0,101$. Konstanta (a) sebesar 20,761 sehingga persamaan regresinya adalah:

$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 = 0,046, -0,089, 0,000, -0,387$ dan $-0,101$. Dari persamaan regresi linear berganda tersebut, dapat kita simpulkan bahwa, setiap perubahan data temperatur, Kelembaban, curah hujan, sinar matahari dan arah kecepatan angin, sebesar satuan dapat diestimasi/penilaian data pengaruh akan berubah sebesar $0,046, -0,089, 0,000, -0,387$ dan $-0,101$, pada satuan beda arah dan arah yang sama. Hasil dari koefisien

regresi berganda diperoleh nilai Temperatur 0,046, maka menunjukkan koefisien regresi bernilai positif menyatakan adanya hubungan searah (linear) terhadap konsentrasi SO₂. Sedangkan koefisien regresi yang bernilai negatif adalah Kelembaban -0,089 (X2), Sinar matahari -0,387 (X4), dan Arah kecepatan angin -0,101 (X5), Maka ada hubungan terbalik atau berlawanan arah.

Tabel IV. 9 Parameter NO₂ Permukiman Lampriet 2019-2022

Tahun	Model	Tahap I			Tahap II		
		B	t	Sig.	B	t	Sig.
2019	(Constant)	10.794	1.127	.303	.576	.060	.954
	Temperatur	.016	.075	.942	-.016	-.075	.942
	Kelembaban	-.037	-.748	.483	.037	.748	.483
	Curah Hujan	.000	-.274	.793	.000	.274	.793
	Sinar Matahari	-.234	-.754	.479	.234	.754	.479
	Arah Kecepatan Angin	-.534	-.275	.792	.534	.275	.792
2020	(Constant)	6.136	2.499	.047	4.914	2.001	.092
	Temperatur	-.250	-.227	.828	.250	.227	.828
	Kelembaban	.087	.254	.808	-.087	-.254	.808
	Curah Hujan	-.001	-.474	.652	.001	.474	.652
	Sinar Matahari	-.480	-.609	.565	.480	.609	.565
	Arah Kecepatan Angin	-.664	-.463	.660	-.664	-.463	.660
2021	(Constant)	1.308	1.678	.523	11.382	5.899	.001
	Temperatur	-.029	1.678	.144	.029	1.678	.144
	Kelembaban	.056	2.787	.032	-.056	2.787	.032
	Curah Hujan	.000	.442	.674	.000	-.442	.674
	Sinar Matahari	.240	2.767	.033	-.240	2.767	.033
	Arah Kecepatan Angin	.063	.109	.917	-.063	-.109	.917
2022	(Constant)	-5.892	-.666	.535	15.502	1.752	.140

	Temperatur	.014	.427	.687	-.014	-.427	.687
	Kelembaban	.107	1.365	.230	-.107	- 1.365	.230
	Curah Hujan	-.001	-.643	.549	.001	.643	.549
	Sinar Matahari	.184	.717	.505	-.184	-.717	.505
	Arah Kecepatan Angin	.637	.405	.702	-.637	-.405	.702

Berdasarkan **Tabel IV.9** tahun 2021 Tahap I, hasil yang diperoleh pada tabel Koefisien, yaitu b1 -0,029 b2 0,056, b3 0,000, b4 0,240 dan b5 0,063. Konstanta (a) sebesar 1,308 sehingga persamaan regresinya adalah:

$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 = -0,029, 0,056, 0,000, 0,240$ dan $0,063$. Dari persamaan regresi linear berganda tersebut, dapat kita simpulkan bahwa, setiap perubahan data temperatur, Kelembaban, curah hujan, sinar matahari dan arah kecepatan angin, sebesar satuan dapat diestimasikan/penilaian data pengaruh akan berubah sebesar -0,029, 0,056, 0,000, 0,240 dan 0,063, pada satuan beda arah dan arah yang sama. Hasil dari koefisien regresi berganda diperoleh nilai Kelembaban 0,056 (X2), Sinar matahari 0,240 (X4), dan Arah kecepatan angin 0,063 (X5), maka menunjukkan koefisien regresi bernilai positif menyatakan adanya hubungan searah (linear) terhadap konsentrasi SO₂. Sedangkan koefisien regresi yang bernilai negatif adalah Temperatur -0,029 (X1) Maka ada hubungan terbalik atau berlawanan arah.

Pada tahun 2021 Tahap II, hasil yang diperoleh pada tabel Koefisien, yaitu koefisien regresi b1 0,029 b2 -0,056, b3 0,000, b4 -0,240 dan b5 -0,063. Konstanta (a) sebesar 11,382 sehingga persamaan regresinya adalah:

$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 = -0,029, 0,056, 0,000, 0,240$ dan $0,063$. Dari persamaan regresi linear berganda tersebut, dapat kita simpulkan bahwa, setiap perubahan data temperatur, Kelembaban, curah hujan, sinar matahari dan arah kecepatan angin, sebesar satuan dapat diestimasikan/penilaian data pengaruh akan berubah sebesar -0,029, 0,056, 0,000, 0,240 dan 0,063, pada satuan beda arah dan arah yang sama. Hasil dari koefisien regresi berganda diperoleh nilai Temperatur 0,029 (X1), maka menunjukkan

koefisien regresi bernilai positif menyatakan adanya hubungan searah (linear) terhadap konsentrasi SO₂. Sedangkan koefisien regresi yang bernilai negatif adalah Kelembaban -0,056 (X2), Sinar matahari -0,240 (X4) dan Arah kecepatan angin -0,063 (X5) Maka ada hubungan terbalik atau berlawanan arah.

Tabel IV. 10 Parameter NO₂ Perkantoran Banda Aceh 2019-2022.

	Model	Tahap I			Tahap II		
		B	t	Sig.	B	t	Sig.
2019	(Constant)	16.449	1.626	.155	5.651	.558	.597
	Temperatur	.017	.075	.942	-.017	-.075	.942
	Kelembaban	-.039	-.748	.483	.039	.748	.483
	Curah Hujan	.000	-.274	.793	.000	.274	.793
	Sinar Matahari	-.248	-.754	.479	.248	.754	.479
	Arah Kecepatan Angin	-.565	-.275	.792	.565	.275	.792
2020	(Constant)	7.780	3.258	.017	8.970	3.756	.009
	Temperatur	.243	.227	.828	-.243	-.227	.828
	Kelembaban	-.085	-.254	.808	.085	.254	.808
	Curah Hujan	.001	-.474	.652	-.001	-.474	.652
	Sinar Matahari	.467	.609	.565	-.467	-.609	.565
	Arah Kecepatan Angin	-.646	-.463	.660	.646	.463	.660
2021	(Constant)	-.728	-.178	.865	20.668	5.043	.002
	Temperatur	-.061	1.678	.144	.061	1.678	.144
	Kelembaban	.118	2.787	.032	-.118	2.787	.032
	Curah Hujan	.000	.442	.674	.000	-.442	.674
	Sinar Matahari	.511	2.767	.033	-.511	2.767	.033
	Arah Kecepatan Angin	.134	.109	.917	-.134	-.109	.917
2022	(Constant)	42.293	1.609	.169	21.253	-.809	.456
	Temperatur	-.042	-.427	.687	.042	.427	.687
	Kelembaban	-.319	1.365	.230	.319	1.365	.230

	Curah Hujan	.002	.643	.549	-.002	-.643	.549
	Sinar Matahari	-.548	-.717	.505	.548	.717	.505
	Arah Kecepatan Angin	-1.891	-.405	.702	1.891	.405	.702

Berdasarkan **Tabel IV.10** tahun 2021 Tahap I, hasil yang diperoleh pada tabel Koefisien, yaitu b_1 -0,061 b_2 0,118, b_3 0,000, b_4 0,511 dan b_5 0,134. Konstanta (a) sebesar 1,308 sehingga persamaan regresinya adalah:

$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 = -0,061 \ 0,118, \ 0,000, \ 0,511 \ \text{dan} \ 0,134$. Dari persamaan regresi linear berganda tersebut, dapat kita simpulkan bahwa, setiap perubahan data temperatur, Kelembaban, curah hujan, sinar matahari dan arah kecepatan angin, sebesar satuan dapat diestimasi/penilaian data pengaruh akan berubah sebesar -0,061 0,118, 0,000, 0,511 dan 0,134, pada satuan beda arah dan arah yang sama. Hasil dari koefisien regresi berganda diperoleh nilai Kelembaban 0,056 (X2), Sinar matahari 0,240 (X4) dan Arah dan kecepatan angin 0,063 (X5) maka menunjukkan koefisien regresi bernilai positif menyatakan adanya hubungan searah (linear) terhadap konsentrasi SO₂. Sedangkan koefisien regresi yang bernilai negatif adalah Temperatur -0,061 (X1) Maka ada hubungan terbalik atau berlawanan arah.

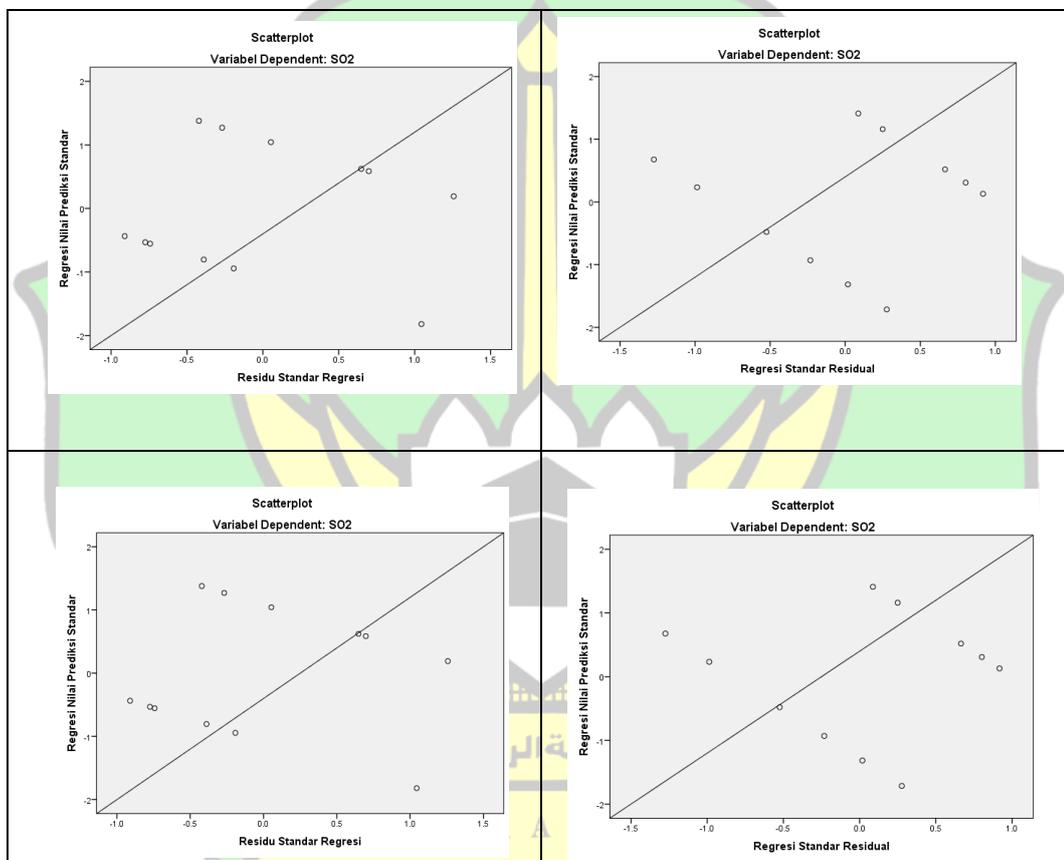
Pada tahun 2021 Tahap II, hasil yang diperoleh pada tabel Koefisien, yaitu koefisien regresi b_1 0,061 b_2 -0,118, b_3 0,000, b_4 -0,511 dan b_5 -0,134. Konstanta (a) sebesar 11,382 sehingga persamaan regresinya adalah:

$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 = 0,061 \ -0,118, \ 0,000, \ -0,511 \ \text{dan} \ -0,134$. Dari persamaan regresi linear berganda tersebut, dapat kita simpulkan bahwa, setiap perubahan data temperatur, Kelembaban, curah hujan, sinar matahari dan arah kecepatan angin, sebesar satuan dapat diestimasi/penilaian data pengaruh akan berubah sebesar 0,061 -0,118, 0,000, -0,511 dan -0,134, pada satuan beda arah dan arah yang sama. Hasil dari koefisien regresi berganda diperoleh nilai Temperatur 0,061 (X1), maka menunjukkan koefisien regresi bernilai positif menyatakan adanya hubungan searah (linear) terhadap konsentrasi SO₂. Sedangkan koefisien regresi yang bernilai negatif adalah

Kelembaban -0,118 (X2), Sinar matahari -0,511 (X4) dan Arah kecepatan angin 0,134 (X5) Maka ada hubungan terbalik atau berlawanan arah.

IV.6 Plot Pengaruh Iklim Terhadap Parameter SO₂

Plot pengaruh Iklim terhadap Sulfur Dioksida (SO₂) pada empat titik yaitu transportasi simpang lima, industri tahu solo, permukiman gampong Lampriet dan balai kota banda aceh, pada empat titik tersebut terdapat nilai R² yang paling signifikan yaitu pada tahun 2021, dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



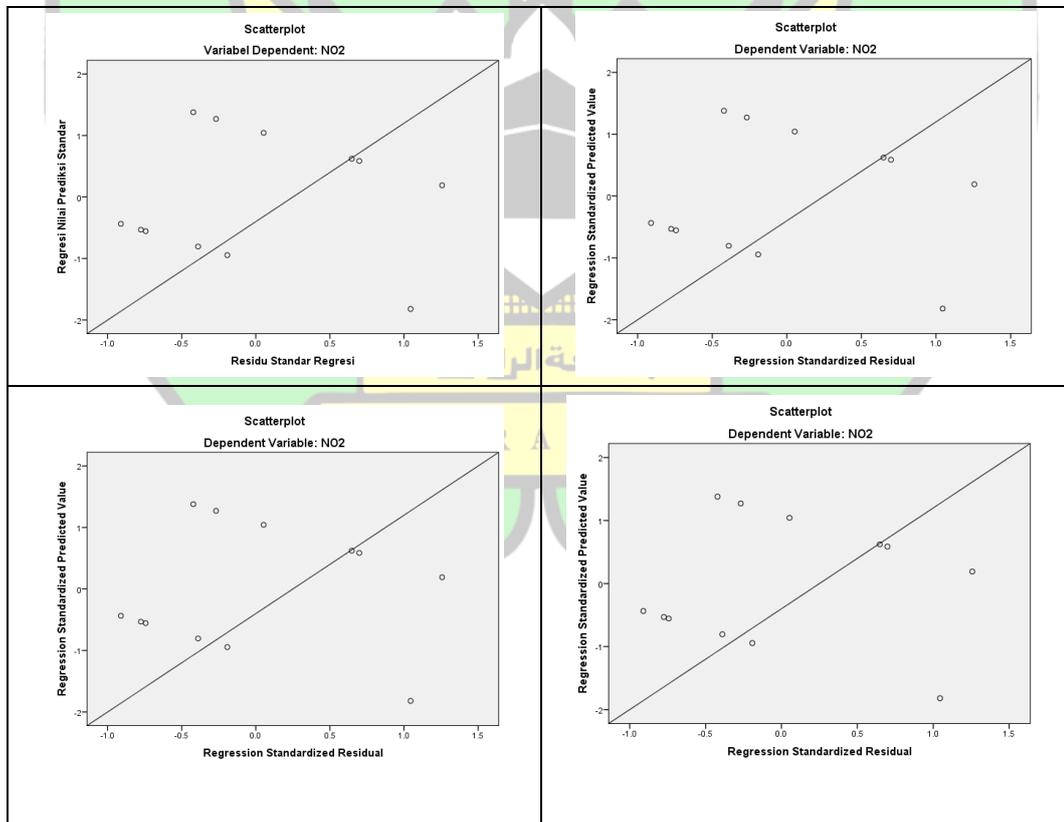
Gambar IV. 10 Plot pengaruh Iklim terhadap parameter SO₂

Berdasarkan gambar diatas, terlihat adanya grafik yang menunjukkan perbandingan antara Arah Kecepatan Angin terhadap konsentrasi SO₂ pada grafik di atas, diperoleh hasil regresi linier dengan nilai R² sebesar 0,785. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara arah kecepatan angin dan konsentrasi SO₂. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin tinggi arah kecepatan angin, semakin besar pula kemungkinan terjadinya peningkatan

konsentrasi SO₂ di udara. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Istantinova, 2013) di Kota Semarang, yang merupakan penelitian mengenai pengaruh kecepatan angin terhadap konsentrasi SO₂ udara ambien dengan empat empat titik sampling. Salah satu faktor yang mempengaruhi hubungan ini adalah laju penyebaran udara. Ketika arah kecepatan angin tinggi, udara dapat dengan mudah menyebar ke daerah yang lebih luas, sehingga konsentrasi SO₂ dalam udara dapat terdistribusi secara merata. Selain itu, kecepatan angin yang tinggi juga dapat membawa partikel SO₂ yang berasal dari sumber pencemar ke daerah yang lebih jauh, sehingga dapat mempengaruhi konsentrasi SO₂ di lokasi yang lebih jauh dari sumber pencemar.

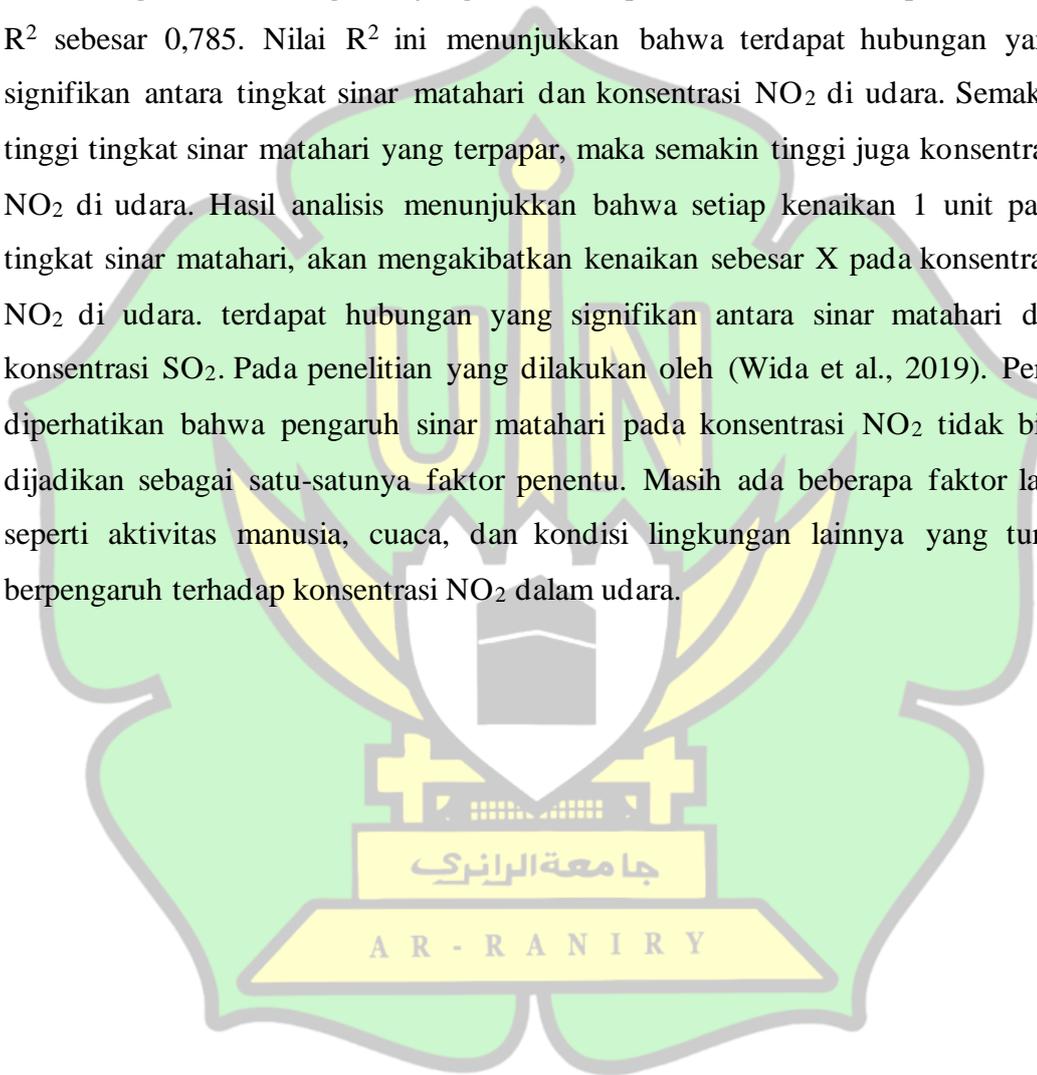
IV.7 Plot Pengaruh Iklim Terhadap Parameter NO₂

Plot pengaruh Iklim terhadap Nitrogen Dioksida (NO₂) pada empat titik yaitu transportasi simpang lima, industri tahu solo, permukiman gampong Lampriet dan balai kota banda aceh, pada empat titik tersebut terdapat nilai R² yang paling signifikan yaitu pada tahun 2021, dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar IV. 11 Plot pengaruh Iklim terhadap parameter NO₂

Berdasarkan gambar diatas, terlihat adanya grafik yang menunjukkan perbandingan antara konsentrasi NO₂ di udara dengan tingkat sinar matahari yang terpapar pada waktu tertentu. Dari grafik tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat pengaruh sinar matahari terhadap konsentrasi NO₂ dalam udara. Melalui analisis regresi linier berganda yang dilakukan pada data tersebut, diperoleh nilai R² sebesar 0,785. Nilai R² ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara tingkat sinar matahari dan konsentrasi NO₂ di udara. Semakin tinggi tingkat sinar matahari yang terpapar, maka semakin tinggi juga konsentrasi NO₂ di udara. Hasil analisis menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 unit pada tingkat sinar matahari, akan mengakibatkan kenaikan sebesar X pada konsentrasi NO₂ di udara. terdapat hubungan yang signifikan antara sinar matahari dan konsentrasi SO₂. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Wida et al., 2019). Perlu diperhatikan bahwa pengaruh sinar matahari pada konsentrasi NO₂ tidak bisa dijadikan sebagai satu-satunya faktor penentu. Masih ada beberapa faktor lain seperti aktivitas manusia, cuaca, dan kondisi lingkungan lainnya yang turut berpengaruh terhadap konsentrasi NO₂ dalam udara.



BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian Analisis Pengaruh iklim terhadap Konsentrasi SO₂ dan NO₂ yang telah dilaksanakan, maka penulis menyimpulkan sebagai berikut:

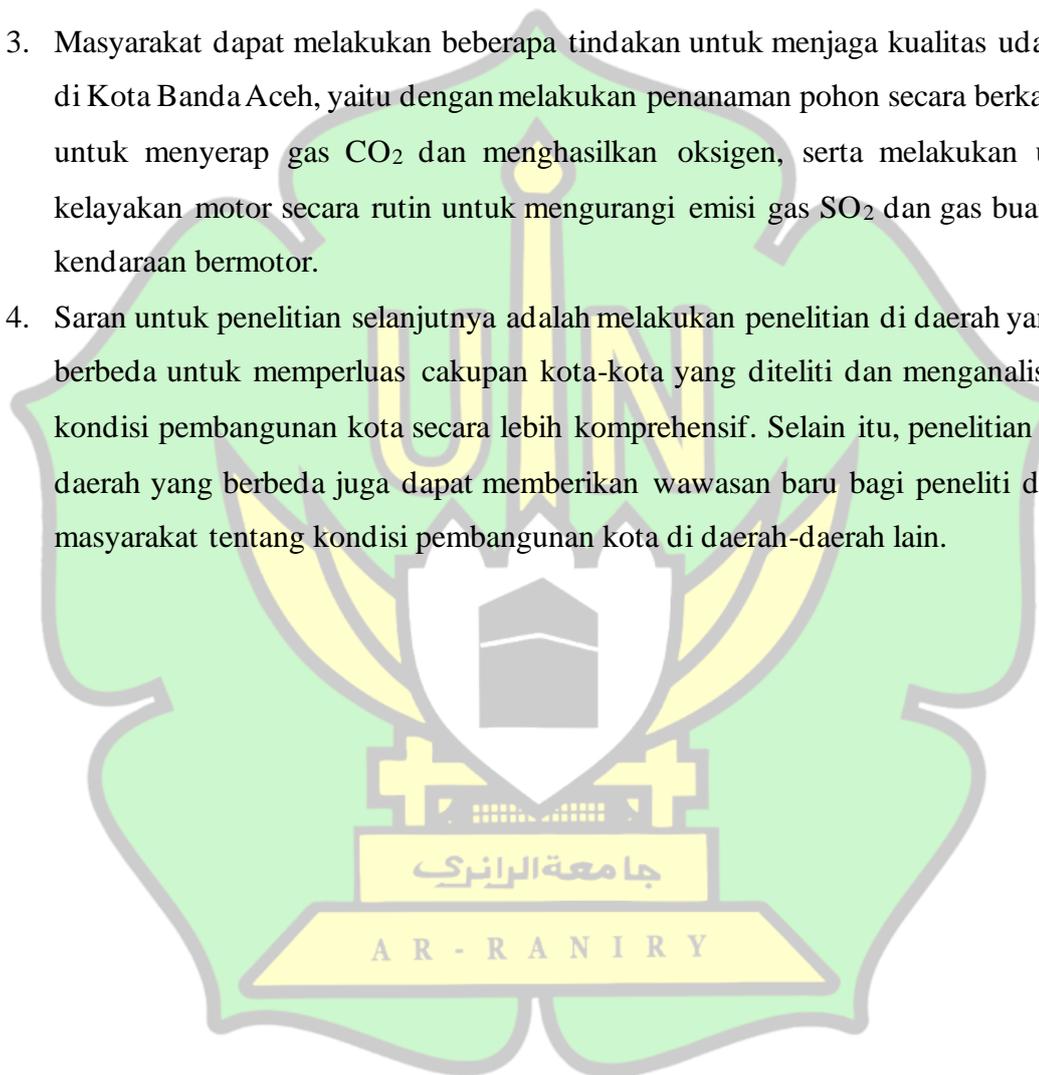
1. Dalam penelitian ini, dilakukan pengukuran konsentrasi SO₂ dan NO₂ di tempat yang berbeda, yaitu Transportasi Simpang Lima dengan nilai rata-rata konsentrasi SO₂ sebesar 17,53 µg/m³ dan konsentrasi NO₂ sebesar 14,79 µg/m³ Industri Tahu Solo dengan nilai rata-rata konsentrasi SO₂ sebesar 11,07 µg/m³ dan NO₂ sebesar 6,24 µg/m³ Permukiman Gampong Lampriet dengan nilai rata-rata konsentrasi SO₂ sebesar 6,19 µg/m³ dan NO₂ sebesar 5,59 µg/m³ dan Perkantoran Balai Kota Banda Aceh dengan nilai rata-rata konsentrasi SO₂ sebesar 9,97 µg/m³ dan NO₂ sebesar 9,97 µg/m³.
2. Hasil nilai tertinggi dari regresi linear berganda pengaruh antara iklim terhadap konsentrasi SO₂ yaitu: Arah Kecepatan Angin dengan nilai koefisien regresi sebesar 32,198, Sinar matahari 9,324, Kelembaban 5,431, Temperatur sebesar 0,714 dan Curah hujan -0,029.
3. Hasil nilai tertinggi dari regresi linear berganda pengaruh antara iklim terhadap konsentrasi NO₂ yaitu: Arah Kecepatan Angin dengan nilai koefisien regresi sebesar 2,300, Sinar matahari 0,666, Kelembaban 0,388, Temperatur 0,394 dan Curah hujan sebesar -0,002.
4. Hasil nilai tertinggi dari Plot regresi linear berganda pengaruh antara iklim terhadap konsentrasi SO₂ dan NO₂ yaitu: R² sebesar ,785.
5. Berdasarkan data yang dianalisis, tidak ada pencemaran udara di kota Banda Aceh yang melampaui ambang batas mutu yang ditetapkan oleh pemerintah.

V.2 Saran

1. Dalam penulisan tugas akhir tentang kualitas udara, disarankan untuk mempertimbangkan penggunaan data pengambilan sampel kualitas udara secara kontinyu oleh DLHK3. Dengan frekuensi yang telah ditentukan, hal ini

dapat memberikan informasi yang lebih terperinci dan aktual mengenai kualitas udara di wilayah tersebut.

2. Pemerintah dapat menetapkan peraturan tentang standar emisi kendaraan bermotor untuk memastikan bahwa kualitas udara tetap di bawah ambang batas baku mutu yang ditetapkan. Dan pemerintah membuat kebijakan pengecekan kendaraan bermotor secara berkala.
3. Masyarakat dapat melakukan beberapa tindakan untuk menjaga kualitas udara di Kota Banda Aceh, yaitu dengan melakukan penanaman pohon secara berkala untuk menyerap gas CO₂ dan menghasilkan oksigen, serta melakukan uji kelayakan motor secara rutin untuk mengurangi emisi gas SO₂ dan gas buang kendaraan bermotor.
4. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan penelitian di daerah yang berbeda untuk memperluas cakupan kota-kota yang diteliti dan menganalisis kondisi pembangunan kota secara lebih komprehensif. Selain itu, penelitian di daerah yang berbeda juga dapat memberikan wawasan baru bagi peneliti dan masyarakat tentang kondisi pembangunan kota di daerah-daerah lain.



DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, J., & Hasibuan, F. A. (2019). Pengaruh dampak pencemaran udara terhadap kesehatan untuk menambah pemahaman masyarakat awam tentang bahaya dari polusi udara. *Prosiding SNFUR-4, Pekanbaru*, 7.
- Aji, D. R., & Cahyadi, M. N. (2015). Analisa Karakteristik Kecepatan Angin dan Tinggi Gelombang Menggunakan Data Satelit Altimetri (Studi Kasus: Laut Jawa). *Geoid*, 11(1), 75–78.
- Alizkan, U. (2017). Analisis Korelasi Kelembaban Udara Terhadap Epidemi Demam Berdarah yang Terjadi Di Kabupaten dan Kota Serang. *Gravity: Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Fisika*, 3(1).
- Amalia. (2013). *Efek temperatur terhadap pertumbuhan Gracilaria verrucosa*.
- Amalia, S., & Wahyuni, I. R. A. R. (2022). Analisis Sulfur Dioksida (SO₂) Udara Ambient Menggunakan Metode Pararosanilin dengan Spektrofotometer UV-Visible Kabupaten Bandung, Jawa Barat. *Gunung Djati Conference Series*, 15, 11–15.
- Angelia, G. C., Akili, R. H., & Maddusa, S. S. (2019). Nalisis Kualitas Udara Ambient Karbon Monoksida (Co) Dan Nitrogen Dioksida (No₂) Dibeberapa Titik Kemacetan Di Kota Manado. *KESMAS*, 8(6).
- Budiyono, A. (2010). Pencemaran Udara: Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan. *Dirgantara*, 2(1), 21–27.
- Cahyono, W. E. (2011). Kajian Tingkat Pencemaran Sulfur Dioksida dari Industri di Beberapa Daerah di Indonesia. *Berita Dirgantara*, 12(4), 132–137.
- Damri, D., Ilza, M., & Afandi, D. (2016). Analisis Paparan CO Dan SO₂ Pada Petugas Parkir di Basement Mall Ska di Kota Pekanbaru. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 3(1), 47–56.
- Darmawan, R. (2018). Analisis risiko kesehatan lingkungan kadar NO₂ serta keluhan kesehatan petugas pemungut karcis tol. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), 116.
- Dwirahmawati, F., Nasrullah, N., & Sulistyantara, B. (2018). Analisis perubahan konsentrasi nitrogen dioksida (NO₂) pada area bervegetasi dan tidak

- bervegetasi di Jalan Simpang Susun. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 10(1), 13–18.
- Hadiwidodo, M., & Huboyo, H. S. (2006). Pola Penyebaran Gas NO₂ di Udara Ambien Utara Kota Semarang pada Musim Kemarau menggunakan Program ISCST3. *Jurnal Presipitasi*, 1(1), 19–25.
- Hamdi, S. (2014). Mengenal lama penyinaran matahari sebagai salah satu parameter klimatologi. *Berita Dirgantara*, 15(1).
- Indrawati, A., Aries Tanti, D., Budiwati, T., Sumaryati Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, D., & Penerbangan dan Antariksa Nasional, L. (2019). Perhitungan Konsentrasi Nitrogen Oksida (NO, NO_x) Ambien Dengan Menggunakan Konsentrasi NO₂ Dan O₃ Dari Passive Sampler (Studi Kasus: Cipedes, Bandung) (Calculation Of Ambient Nitrogen Oxides (NO, NO_x) Concentrations Using NO₂ And O₃ Concentrations From P. *Jurnal Sains Dirgantara*, 16(2), 91–104.
- Istantinova, D. B. (2013). Pengaruh Kecepatan Angin, Kelembaban Dan Suhu Udara Terhadap Konsentrasi Gas Pencemar Sulfur Dioksida (SO₂) Dalam Udara Ambien Di Sekitar Pt. Inti General Yaja Steel Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(1), 1–10.
- Jakarta, B. P. L. H. D. (2013). Pengertian Pencemaran Udara. *Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Jakarta*.
- Kristanto, G. A., Sumabrata, J., & Astuti, S. K. (2013). Analisis Kualitas Udara di Ruang Parkir Bawah Tanah dan Pengaruhnya Terhadap Pengguna. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 5(2), 117–126.
- Kurniawati, I. D., & others. (2017). *Indikator Pencemaran Udara Berdasarkan Jumlah Kendaraan dan Kondisi Iklim (Studi di Wilayah Terminal Mangkang dan Terminal Penggaron Semarang)*. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Kusminingrum, N., & Gunawan, G. (2008). Polusi udara akibat aktivitas kendaraan bermotor di jalan perkotaan Pulau Jawa dan Bali. *Jurnal, Jakarta, Puslitbang Jalan Dan Jembatan*.
- Lusiani, L., & Wardoyo, T. (2017). Analisis Arah Dan Kecepatan Angin Dengan Aplikasi Wrplots. *Majalah Ilmiah Bahari Jogja*, 15(25), 19–29.
- Ma'rufi, I. (2017). Analisis risiko kesehatan lingkungan (SO₂, H₂S, NO₂ dan TSP)

- akibat transportasi kendaraan bermotor di Kota Surabaya. *MPI (Media Pharmaceutica Indonesiana)*, 1(4), 189–196.
- Maziya, F. B. (2020). *Analisis Dampak Nitrogen Dioksida (NO₂) di Kota Yogyakarta*.
- Nurdiyanto, I. A., & Primawan, A. B. (2020). Monitoring Data Curah Hujan Berbasis Internet of Things (IoT). *Seri Prosiding Seminar Nasional Dinamika Informatika*, 4(1).
- Pratama, A. (2022). *Pratama, A. (2022). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pada Pedagang Sarabba Akibat Paparan Gas No₂ Di Sepanjang Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar= Environmental Health Risk Analysis on Sarabba Traders Due to Display of NO₂ Gas along Jalan Sungai Cere*. Universitas Hasanuddin.
- Putrakoranto, L. (2021). *Analisis Sulfur Dioksida (SO₂) Pada Udara Ambien Dan Risiko Terhadap Kesehatan Masyarakat Di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta*.
- Rifal, M. (2022). Pengaruh Campuran Bahan Bakar Ethanol Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Bermotor 125 Cc Sistem Injeksi. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 4(2), 50–57.
- Rini, T. (2005). Kebijakan Sistem Transportasi Kota Surabaya Dalam Rangka Pengendalian Pencemaran Udara Area Transportasi. *Journal Rekayasa Perencanaan*, 1(2).
- Rosyidah, M. (2018). Polusi Udara dan Kesehatan Pernafasan. *Integrasi: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 1(2), 1–5.
- Royvaldi, D. A. B. (2022). *Analisis Kadar Gas Sulfur Dioksida (So₂) Dan Nitrogen Dioksida (No₂) Terhadap Faktor Lingkungan Di Tpa Piyungan, Bantul, DI Yogyakarta*.
- Salsabil, D. S. (2020). *Distribusi Konsentrasi Pb, Cu, Zn Pada Tanaman Mahoni (Swietenia Marcophylla) Sebagai Bioindikator Pencemaran Udara Di Universitas Islam Indonesia*.
- Setyawan, A. B. (2018). *Sistem Monitoring Kelembaban Tanah, Kelembaban*

- Udara, Dan Suhu Pada Lahan Pertanian Menggunakan Protokol MQTT.*
Universitas Brawijaya.
- Simarmata, M. M. T., Asmuliani, R., Pasanda, O. S. R., Marzuki, I., Soputra, D., Sudasman, F. H., Mohamad, E., Syahrir, M., Hardiyanti, S. A., Mahyati, M., & others. (2022). *Pengantar Pencemaran Udara*. Yayasan Kita Menulis.
- Susanto, J. P., Pengkajian, P., Penerapan, D., Lingkungan, T., Pengkajian, B., & Teknologi, D. P. (2004). Pemanfaatan Passive Sampler Untuk Monitoring Kualitas No 2 Dalam Udara Ambien Di Beberapa Lokasi Di Indonesia. *J. Tek. Ling. P3TL-BPPT*, 5(2), 75–81.
- Suwarti, S., Mulyono, M., & Prasetyo, B. (2017). Pembuatan Monitoring Kecepatan Angin Dan Arah Angin Menggunakan Mikrokontroler Arduino. *Prosiding Seminar Nasional \& Internasional*.
- Wardoyo, A. Y. P. (2016). *Emisi Partikulat Kendaraan Bermotor dan Dampak Kesehatan*. Universitas Brawijaya Press.
- Wida, D. A. K., Sumaja, K., & Wiguna, P. P. H. (2019). Analisis Hubungan Intensitas Radiasi Dan Lama Penyinaran Matahari Dengan Parameter Cuaca Di Stasiun Meteorologi Ngurah Rai Serta Pengaruhnya Terhadap Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Bali Selatan. *Meteo Ngurah Rai*, 5(1), 1–7.
- Wijiarti, K., Darundiati, Y. H., & Dewanti, N. A. Y. (2016). Analisis risiko kesehatan lingkungan paparan sulfur dioksida (SO₂) udara ambien pada pedagang kaki Lima di terminal bus pulogadung, jakarta timur. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, 4(4), 983–991.
- Yanti, N. R. I. (2021). *Pengaruh Polusi Udara Terhadap Karakteristik Stomata Pada Daun Anggrek Merpati (Dendrobium crumenatum) Di Wilayah Tasikmalaya*. Universitas Siliwangi.
- Yasir, M. (2021). Pencemaran Udara Di Perkotaan Berdampak Bahaya Bagi Manusia, Hewan, Tumbuhan dan Bangunan. *Jurnal OSF. Oi*, 1–10.
- Zakaria, N., & Azizah, R. (2013). Analisis pencemaran udara (SO₂), keluhan iritasi tenggorokan dan keluhan kesehatan iritasi mata pada pedagang makanan di sekitar Terminal Joyoboyo Surabaya. *The Indonesian Journal of Occupational*

Safety and Health, 2(1), 75–81.



LAMPIRAN

Lampiran. 1 Gambar Proses Penelitian



Lampiran.2 Baku Mutu Ambien



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

LAMPIRAN VII
PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 22 TAHUN 2021
TENTANG
PENYELENGGARAAN PERLINDUNGAN DAN
PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP

BAKU MUTU UDARA AMBIEN

NO	PARAMETER	WAKTU PENGUKURAN	BAKU MUTU	SISTEM PENGUKURAN
1.	Sulfur Dioksida (SO ₂)	1 jam	150 µg/m ³	aktif kontinu
		24 jam	75 µg/m ³	aktif manual
		1 tahun	45 µg/m ³	aktif kontinu
2.	Karbon Monoksida (CO)	1 jam	10000 µg/m ³	aktif kontinu
		8 jam	4000 µg/m ³	aktif kontinu
3.	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 jam	200 µg/m ³	aktif kontinu
		24 jam	65 µg/m ³	aktif manual
		1 tahun	50 µg/m ³	aktif kontinu
4.	Oksidan fotokimia (O _x) sebagai Ozon (O ₃)	1 jam	150 µg/m ³	aktif kontinu
		8 jam	100 µg/m ³	aktif manual*
		1 tahun	35 µg/m ³	aktif kontinu**
5.	Hidrokarbon Non Metana (NMHC)	3 jam	160 µg/m ³	aktif kontinu***
6.	Partikulat debu < 100 µm (TSP)	24 jam	230 µg/m ³	aktif manual
	Partikulat debu < 10 µm (PM ₁₀)	24 jam	75 µg/m ³	aktif kontinu
		1 tahun	40 µg/m ³	aktif manual
	Partikulat debu < 2,5 µm (PM _{2,5})	24 jam	55 µg/m ³	aktif kontinu
		1 tahun	15 µg/m ³	aktif manual
7.	Timbal (Pb)	24 jam	2 µg/m ³	aktif kontinu

Keterangan . . .

SK No 097090 A



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 2 -

Keterangan :

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ = konsentrasi dalam mikrogram per meter kubik, pada kondisi atmosfer normal, yaitu tekanan (P) 1 atm dan temperatur (T) 25°C

- * Konsentrasi yang dilaporkan untuk waktu pengukuran selama 1 (satu) jam adalah konsentrasi hasil pengukuran yang dilakukan setiap 30 (tiga puluh) menit (dalam 1 jam dilakukan 2 kali pengukuran) dan dilakukan di antara pukul 11:00 - 14:00 waktu setempat.
- ** Konsentrasi yang dilaporkan untuk waktu pengukuran selama 8 (delapan) jam adalah konsentrasi dari waktu pengukuran yang dilakukan di antara pukul 06:00 - 18:00 waktu setempat.
- *** Konsentrasi yang dilaporkan untuk waktu pengukuran selama 3 (tiga) jam adalah konsentrasi dari waktu pengukuran yang dilakukan di antara pukul 06:00 - 10:00 waktu setempat.

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

JOKO WIDODO

Salinan sesuai dengan aslinya

KEMENTERIAN SEKRETARIAT NEGARA
REPUBLIK INDONESIA

Deputi Bidang Perundang-undangan dan
Administrasi Hukum,



Silvanna Djaman

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y



Lampiran. 3 Baku Mutu ISPU

LAMPIRAN II
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN
REPUBLIK INDONESIA
NOMOR P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020
TENTANG
INDEKS STANDAR PENCEMAR UDARA

PENENTUAN KATEGORI ISPU

A. Kategori Angka Rentang ISPU

Kategori	Status Warna	Angka Rentang
Baik	Hijau	1 - 50
Sedang	Biru	51 - 100
Tidak Sehat	Kuning	101 - 200
Sangat Tidak Sehat	Merah	201 - 300
Berbahaya	Hitam	≥ 301

B. Penjelasan Nilai ISPU

Kategori	Keterangan	Apa yang harus dilakukan
Baik	Tingkat kualitas udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan, tumbuhan.	Sangat baik melakukan kegiatan di luar
Sedang	Tingkat kualitas udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan.	Kelompok sensitif: Kurangi aktivitas fisik yang terlalu lama atau berat. Setiap orang: Masih dapat beraktivitas di luar
Tidak sehat	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan dan tumbuhan.	Kelompok sensitif: Boleh melakukan aktivitas di luar, tetapi mengambil rehat lebih sering dan melakukan

Kategori	Keterangan	Apa yang harus dilakukan
		<p>aktivitas ringan. Amati gejala berupa batuk atau nafas sesak.</p> <p>Penderita asma harus mengikuti petunjuk kesehatan untuk asma dan menyimpan obat asma.</p> <p>Penderita penyakit jantung: gejala seperti <i>palpitasi</i>/jantung berdetak lebih cepat, sesak nafas, atau kelelahan yang tidak biasa mungkin mengindikasikan masalah serius.</p> <p>Setiap orang: Mengurangi aktivitas fisik yang terlalu lama di luar ruangan.</p>
Sangat Tidak Sehat	Tingkat kualitas udara yang dapat meningkatkan resiko kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.	<p>Kelompok sensitif: Hindari semua aktivitas di luar. Perbanyak aktivitas di dalam ruangan atau lakukan penjadwalan ulang pada waktu dengan kualitas udara yang baik.</p> <p>Setiap orang: Hindari aktivitas fisik yang terlalu lama di luar ruangan, pertimbangkan untuk melakukan aktivitas di dalam ruangan.</p>

Kategori	Keterangan	Apa yang harus dilakukan
Berbahaya	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat.	Kelompok sensitif: Tetap di dalam ruangan dan hanya melakukan sedikit aktivitas Setiap orang: Hindari semua aktivitas di luar

Salinan sesuai dengan aslinya
Plt. KEPALA BIRO HUKUM,

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN
KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

ttd.

MAMAN KUSNANDAR

SITI NURBAYA

