

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KUALITAS UDARA DALAM RUANG PARAMETER
SO₂, NO₂, LAJU VENTILASI, DAN PENCAHAYAAN PADA
BASEMEN PASAR PRAWIROTAMAN**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



MUHAMMAD BINTANG AFRIZAL

20513069

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024**

TUGAS AKHIR

ANALISIS KUALITAS UDARA DALAM RUANG PARAMETER SO₂, NO₂, LAJU VENTILASI, DAN PENCAHAYAAN PADA BASEMEN PASAR PRAWIROTAMAN

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



MUHAMMAD BINTANG AFRIZAL

20513069

Disetujui,
Dosen Pembimbing

**Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.
NIK. 195130102**

Tanggal : 20 Agustus 2024

Mengetahui,*
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



**Any Juliani, S.T., M. Sc., Res. Eng, Ph. D
NIK. 045130401**

Tanggal : 20/8/24.

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KUALITAS UDARA DALAM RUANG PARAMETER SO₂, NO₂, LAJU VENTILASI, DAN PENCAHAYAAN PADA BASEMEN PASAR PRAWIROTAMAN

Telah diterima dan disahkan oleh tim penguji

Hari : Selasa

Tanggal : 20 Agustus 2024

Disusun Oleh :

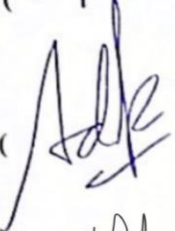
MUHAMMAD BINTANG AFRIZAL
20513069

Tim Penguji :

Penguji 1 : Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.

( 20/8/2024)

Penguji 2 : Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

()

Penguji 3 : Fina Binazir Maziya, S.T., M.T.

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya Muhammad Bintang Afrizal menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sangsi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 20 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan



Muhammad Bintang Afrizal

20513069

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirobbil'alamin puji syukur kehadiran Allah SWT berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir berjudul **“Analisis Kualitas Udara Dalam Ruang Parameter SO₂, NO₂, Laju Ventilasi, dan Pencahayaan Pada Basemen Pasar Prawirotaman”**. Laporan ini disusun guna melengkapi masa studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Banyak faktor dalam menyelesaikan laporan ini, salah satunya dukungan dari berbagai pihak.

Maka dari itu, penulis dengan sadar berterima kasih kepada pihak – pihak yang sudah mendukung, memberikan semangat, berkorban waktu, tenaga, bahkan mungkin materi dalam menopang penulis menyelesaikan laporan ini. Karena ini, saya sampaikan rasa hormat saya kepada :

1. Ibu Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing satu Tugas Akhir, terima kasih atas segala dukungan, ilmu dan bimbingan yang telah diberikan.
2. Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. dan Ibu Fina Binazir Maziya, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang memberikan masukan guna membangun penulis serta saran-saran yang sangat bermanfaat untuk terselesaikannya tugas akhir ini.
3. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Sugeng, S.H. dan Ibu Lilis Sartika dalam memberikan dukungan dan sudah bekerja keras untuk penulis dan lain sebagainya yang tidak bisa diungkapkan oleh kata – kata.
4. Mas Heriyanto A.Md. selaku bagian administrasi Program Studi Teknik Lingkungan UII yang sudah amat sangat membantu memberikan informasi – informasi selama perkuliahan
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

6. Pak Iwan, Mba Rina, Mba Nida, Mba Dhiyah selaku Laboran Laboratorium Teknik Lingkungan UII yang sudah memberikan ilmu lapangan guna mendukung kelancaran tugas akhir ini.
7. Keluarga Besar Teknik Lingkungan, khususnya angkatan 2020, envirovers dan karang taruna, terima kasih untuk semuanya. Sudah membuat masa kuliah saya berwarna.
8. Nadia Shofwa Rahmah sebagai partner spesial saya, terima kasih telah menjadi sosok pendamping yang telah menemani, meluangkan waktunya, menghibur dalam kesedihan dan memberi semangat dalam segala hal untuk meraih apa yang menjadi impian saya.

Terima kasih kepada semua pihak yang sudah mendukung dalam penulisan laporan ini. Penulis menyadari masih terdapat banyaknya kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun serta menambah pengetahuan penulis dalam penyusunan Tugas Akhir. Diharapkan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan digunakan sebaik-baiknya bagi penulis dan semua pihak.

Wassalamualaikum Warrahmatullah

Yogyakarta, 20 Agustus 2024



Muhammad Bintang Afrizal

ABSTRAK

MUHAMMAD BINTANG AFRIZAL

Analisis Kualitas Udara Dalam Ruang Parameter SO₂, NO₂, Laju Ventilasi, dan
Pencahayaannya Pada Basemen Pasar Prawirotaman

Dibimbing oleh NOVIANI IMA WANTOPUTRI,S.T.,M.T.

Pasar Prawirotaman merupakan salah satu pusat perbelanjaan terbesar di Kota Yogyakarta yang mana perharinya dikunjungi sekitar 500 orang. Hal tersebut berbanding lurus kendaraan yang memasuki Pasar Prawirotaman, mengingat area basemen pada Pasar Prawirotaman terdapat area penjualan. Oleh karena itu memiliki potensi timbulnya pencemar melebihi nilai ambang batas. Penelitian ini bertujuan mengukur kualitas udara pada area basemen Pasar Prawirotaman dengan parameter pencahayaannya, laju ventilasi, nitrogen dioksida (NO₂) dan sulfur dioksida (SO₂). Pengambilan sampel pencahayaannya menggunakan alat Lux Meter, laju ventilasi diukur dengan alat Anemometer, konsentrasi NO₂ dan SO₂ yang didapat dengan menggunakan alat Impinger yang selanjutnya kadar diukur menggunakan alat Spektrofotometer. Pengambilan masing – masing sampel sejumlah empat titik. Hasil penelitian akan dibandingkannya dengan baku mutu yang diterapkan dan menampilkan persebarannya menggunakan Software Surfer. Hasil dari penelitian menunjukkan konsentrasi sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), laju ventilasi dan pencahayaannya umum di bawah baku mutu berdasarkan PerMenKes RI Nomor 2 Tahun 2023. Persebaran konsentrasi menggunakan Software Surfer menghasilkan peta sebaran konsentrasi dengan warna merah menandakan konsentrasi tinggi sedangkan warna lainnya menandakan konsentrasi yang lebih kecil.

Kata Kunci : Pencahayaannya, Laju Ventilasi, SO₂, NO₂, Basemen.

ABSTRACT

MUHAMMAD BINTANG AFRIZAL

*Indoor Air Quality Analysis of SO₂, NO₂ Parameters, Ventilation Rate, and
Lighting in the Prawirotaman Market Basement*

Supervised by NOVIANI IMA WANTOPUTRI,S.T.,M.T.

Prawirotaman Market is one of the largest shopping centers in the city of Yogyakarta, which is visited by around 500 people every day. This is directly proportional to vehicles entering Prawirotaman Market, considering that the basement area of Prawirotaman Market has a sales area. Therefore, there is the potential for pollutants to exceed the threshold value. This research aims to measure air quality in the basement area of Prawirotaman Market using lighting parameters, ventilation rate, nitrogen dioxide (NO₂) and sulfur dioxide (SO₂). Lighting samples were taken using a Lux Meter, ventilation rate was measured using an Anemometer, NO₂ and SO₂ concentrations were obtained using an Impinger, then the levels were measured using a Spectrophotometer. Four points were taken from each sample. The research results will be compared with the quality standards applied and display the distribution using Surfer Software. The results of the research show that the concentrations of sulfur dioxide (SO₂), nitrogen dioxide (NO₂), ventilation rate and general lighting are below quality standards based on the Republic of Indonesia Minister of Health Regulation Number 2 of 2023. Concentration distribution using Surfer Software produces a concentration distribution map with red indicating high concentration while other colors indicate smaller concentrations.

Keywords: lighting, ventilation rate, SO₂, NO₂, basement.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kualitas Udara Dalam Ruang (<i>Indoor Air Quality</i>).....	4
2.2 Sumber Pencemaran Udara Dalam Ruang.....	5
2.3 Parameter Udara Dalam Ruang.....	6
2.3.1 Laju Ventilasi.....	6
2.3.2 Pencahayaan	7
2.3.3 Sulfur Dioksida (SO ₂).....	7

2.3.4 Nitrogen Dioksida (NO ₂).....	10
2.4 Baku Mutu Kesehatan Udara Dalam Ruang	11
2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Udara Dalam Ruang	11
2.5.1 Sumber Aktivitas Manusia	11
2.5.2 Ventilasi	11
2.5.3 Kelembapan	12
2.5.4 Suhu	12
2.6 <i>Surfer</i>	12
2.7 Penelitian Terkait Kualitas Udara Dalam Ruang	13
BAB III METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Lokasi	16
3.2 Alat dan Bahan	19
3.2.1 Alat Sampling	19
3.2.2 Bahan Sampling	22
3.3 Tahap Penelitian	23
3.4 Pengumpulan Data	24
3.4.1 Laju Ventilasi	24
3.4.2 Pencahayaan	24
3.4.3 Konsentrasi SO ₂	25
3.4.4 Konsentrasi NO ₂	25
3.4.5 Data Pendukung	25
3.5 Prosedur Analisis Data	26
3.5.1 Analisis Data Laju Ventilasi	26
3.5.2 Analisis Data Pencahayaan	26
3.5.3 Analisis Data Konsentrasi SO ₂	28

3.5.4 Analisis Data Konsentrasi NO ₂	30
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA.....	33
4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian	33
4.1.1 Hasil Pengukuran Parameter Meteorologi.....	34
4.1.2 Jumlah Kendaraan	35
4.2 Analisis Hasil Pengukuran Pencahayaan Umum	36
4.2.1 Hasil Pengukuran Pencahayaan Umum.....	36
4.3 Analisis Hasil Pengukuran Laju Ventilasi	38
4.3.1 Hasil Pengukuran Laju Ventilasi	38
4.3.2 Sebaran Laju Ventilasi.....	40
4.4 Analisis Hasil Pengukuran Konsentrasi NO ₂	44
4.4.1 Hasil Pengukuran Konsentrasi NO ₂	44
4.4.2 Sebaran Konsentrasi NO ₂	46
4.5 Analisis Hasil Pengukuran Konsentrasi SO ₂	49
4.5.1 Hasil Pengukuran Konsentrasi SO ₂	49
4.5.2 Sebaran Konsentrasi SO ₂	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kadar Sulfur dioksida dan Dampak Terhadap Kesehatan	9
Tabel 2.2 Baku Mutu Kesehatan Udara Dalam Ruang	11
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu Kualitas Udara Dalam Ruang	13
Tabel 3.1 Waktu pengambilan sampel pada setiap parameter	16
Tabel 3.2 Tabel sebaran titik sampling berdasarkan koordinat.....	18
Tabel 3.3 Rumus konsentrasi tingkat pencahayaan	27
Tabel 3.4 Keterangan rumus konsentrasi Gas SO ₂	28
Tabel 3.5 Keterangan rumus konsentrasi Gas SO ₂	29
Tabel 3.6 Keterangan rumus konsentrasi Gas NO ₂	30
Tabel 3.7 Keterangan rumus konsentrasi Gas NO ₂	31
Tabel 4.1 Hasil pengambilan data meteorologis rata-rata di basemen Pasar Prawirotaman	34
Tabel 4.2 Data jumlah kendaraan.....	35
Tabel 4.3 Hasil pengambilan data pencahayaan umum di basemen Pasar Prawirotaman	37
Tabel 4.4 Hasil rata-rata laju ventilasi di basemen Pasar Prawirotaman	39
Tabel 4.5 Hasil pengukuran konsentrasi NO ₂ di basemen Pasar Prawirotaman...	44
Tabel 4.6 Hasil pengukuran konsentrasi SO ₂ di basemen Pasar Prawirotaman ...	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Denah titik pengambilan sampel pada basemen pasar prawirotaman	17
Gambar 3.2 Set Impinger	19
Gambar 3.3 Spektrofotometer	20
Gambar 3.4 Luxmeter dan Anemometer.....	20
Gambar 3.5 Thermohygrobarometer.....	21
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> penelitian	23
Gambar 4.1 Kondisi eksisting pengambilan sampel di basemen Pasar Prawirotaan	34
Gambar 4.2 Denah pencahayaan umum.....	36
Gambar 4.3 Grafik intensitas pencahayaan umum di basemen Pasar Prawirotaman	37
Gambar 4.4 Kondisi eksisting cahaya matahari masuk	37
Gambar 4.5 Kondisi eksisting ventilasi alami.....	38
Gambar 4.6 Grafik rata – rata laju ventilasi pada basemen Pasar Prawirotaman .	40
Gambar 4.7 Peta persebaran laju ventilasi pada hari pertama	41
Gambar 4.8 Peta persebaran laju ventilasi pada hari kedua.....	41
Gambar 4.9 Peta persebaran laju ventilasi pada hari ketiga.....	42
Gambar 4.10 Grafik konsentrasi NO ₂ di basemen Pasar Prawirotaman.....	45
Gambar 4.11 Peta persebaran konsentrasi NO ₂ pada hari pertama.....	47
Gambar 4.12 Peta persebaran konsentrasi NO ₂ pada hari kedua	47
Gambar 4.13 Grafik konsentrasi SO ₂ di basemen Pasar Prawirotaman.....	50
Gambar 4.14 Peta persebaran konsentrasi SO ₂ pada hari pertama	52
Gambar 4.15 Peta persebaran konsentrasi SO ₂ pada hari kedua.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengukuran Pencahayaan Umum.....	62
Lampiran 2 Hasil Pengukuran Laju Ventilasi.....	65
Lampiran 3 Perhitungan Konsentrasi NO ₂	66
Lampiran 4 Perhitungan Konsentrasi SO ₂	68
Lampiran 5 Dokumentasi Pengukuran.....	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu sumber dari pencemaran udara yaitu dari aktivitas manusia. Dalam hal ini berkembangnya zaman serta bertambahnya kegiatan ekonomi, maka kebutuhan transportasi juga akan meningkat untuk kelancaran mobilitas manusia. Oleh karena itu dengan meningkatnya kendaraan akan menimbulkan pencemaran udara. Pencemaran udara sebagian besar berasal dari gas buangan hasil pembakaran bahan bakar (Wardhana, 2004).

Pasar Prawirotaman merupakan salah satu pusat perbelanjaan terbesar di Kota Yogyakarta, hal tersebut berbanding lurus dengan jumlah pengunjung serta kendaraan yang memasuki Pasar Prawirotaman. Mengingat basemen pada Pasar Prawirotaman terdapat area penjualan. Oleh karena itu memiliki potensi mengenai kondisi sirkulasi udara yang kurang baik, karena itu perlu dilakukan pemantauan kualitas udara pada ruang basemen. Sebab sirkulasi udara dalam basemen merupakan hal penting dikarenakan pada area tersebut banyak kendaraan yang menghasilkan emisi dari gas buang kendaraan yang dapat menimbulkan polusi udara dalam ruang (Haryono, 2016).

Masalah pencemaran udara dalam basemen Pasar Prawirotaman seperti terdapatnya kandungan gas. Para ahli lingkungan dan kesehatan masyarakat meyakini konsentrasi gas tersebut pemicu meningkatnya infeksi saluran pernafasan. Gas Nitrogen dioksida (NO_2) dan Sulfur dioksida (SO_2) merupakan zat pencemar udara dalam ruang yang umumnya dihasilkan oleh aktivitas manusia seperti pembakaran mesin kendaraan, akibatnya akan memberikan dampak terhadap kesehatan seperti penurunan fungsi paru, gejala batuk dan sesak nafas (Suyono, 2014).

Abdillah Niko (2009) melakukan studi sistem ventilasi pada underground car park gedung perkantoran. Hasil penelitian tersebut diketahui bahwa hasil penelitian basemen masing-masing senilai $76,362 \text{ m}^3/\text{jam}$ hal ini sangat berbeda dengan standar pada *ASHRAE* yaitu $202,135 \text{ m}^3/\text{jam}$. Dari hasil tersebut kebutuhan

udara pada area basemen tidak terpenuhi. Handayani dkk (2013) melakukan studi sistem pencahayaan ruang kerja pada usaha kecil dan menengah. Hasil penelitian tersebut diketahui bahwa hasil penelitian ruang penjahitan sebesar 91 lux hingga 125 lux, hal ini perlu ditingkatkan kondisi pencahayaannya sesuai dengan standar pencahayaan untuk kondisi kerja senilai 500 lux. Darmanijati (2022) melakukan studi mengenai konsentrasi gas SO₂ dan NO₂ di udara dalam ruang parkir basemen lippo plaza mall Yogyakarta. Hasil penelitian tersebut diketahui bahwa konsentrasi NO₂ memiliki rata-rata 51,52 µg/m³ angka tersebut masih berada dibawah baku mutu sebesar 150 µg/m³, sedangkan hasil pengukuran konsentrasi NO₂ memiliki nilai rata-rata sebesar 346,87 µg/m³ angka tersebut melebihi baku mutu yang terdapat pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 sebesar 200 µg/m³.

Sebagai salah satu tempat pusat perbelanjaan Pasar Prawirotaman perlu adanya pengukuran terkait baku mutu kualitas udara dalam ruang. Pemetaan terhadap sebaran polutan bahan pencemar juga diperlukan guna mengetahui seberapa luas penyebaran polutan dan upaya mitigasi gas beracun selama mereka bekerja di dalam ruangan Pasar Prawirotaman. Terutama pada basemen yang menjadi tempat parkir kendaraan bermotor. Semakin banyak pengunjung semakin banyak pula jumlah kendaraan yang masuk ke area gedung (Apicillnya, 2018). Penelitian ini difokuskan pada pengukuran tentang konsentrasi pencemaran udara dengan parameter pencahayaan, laju ventilasi, sulfur dioksida (SO₂), dan nitrogen dioksida (NO₂). Pasar Prawirotaman Yogyakarta dipilih sebagai tempat penelitian dikarenakan Pasar Prawirotaman ini merupakan salah satu pusat perbelanjaan terbesar di kota Yogyakarta.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu dari paparan latar belakang di atas, masalah yang dapat diidentifikasi antara lain:

1. Bagaimana kualitas udara dalam ruang parameter laju ventilasi, pencahayaan, konsentrasi SO₂ dan NO₂ pada basemen Pasar Prawirotaman?

2. Bagaimana sebaran laju ventilasi, pencahayaan, konsentrasi SO₂ dan NO₂ yang dihasilkan dari kendaraan di basemen Pasar Prawirotaman.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kualitas udara pada basemen Pasar Prawirotaman dengan laju ventilasi, pencahayaan serta konsentrasi SO₂ dan NO₂.
2. Menganalisis sebaran konsentrasi parameter laju ventilasi, pencahayaan serta konsentrasi SO₂ dan NO₂.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Memberikan informasi serta masukan bagi masyarakat khususnya pengunjung Pasar Prawirotaman dan pemilik Pasar Prawirotaman mengenai dampak dari laju ventilasi, pencahayaan serta konsentrasi gas SO₂ dan NO₂ terhadap kesehatan.
2. Memberikan hasil penelitian kepada pihak terkait agar dapat dilakukan upaya dalam rangka penyempurnaan pengelolaan kualitas udara khususnya pada basemen Pasar Prawirotaman.
3. Menambah pengetahuan dan wawasan dalam bidang pencemaran udara khususnya tentang kualitas udara dalam ruang.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini antara lain:

1. Lokasi penelitian berada di basemen Pasar Prawirotaman, dengan 4 titik pengambilan sampel.
2. Pengukuran kualitas udara dalam ruang yang akan diteliti adalah laju ventilasi, pencahayaan serta konsentrasi gas SO₂ dan NO₂ di basemen Pasar Prawirotaman yang berada pada titik pengambilan sampel.
3. Pengambilan sampel dilakukan penelitian ini menggunakan data primer dari pengambilan sampel lapangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kualitas Udara Dalam Ruang (*Indoor Air Quality*)

Kualitas udara dalam ruangan adalah sebuah kondisi yang mengacu terhadap kualitas udara yang terdapat di dalam atau disuatu ruangan. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No.2 Tahun 2023, kualitas udara dalam ruang ini memiliki hubungan yang erat dengan kondisi kenyamanan dan kesehatan penghuninya. Hal itu disebabkan ruangan menjadi tempat manusia dalam melakukan segala aktivitasnya (Arsana *et.al.*,2015). Menurut Slezakova (2012) kualitas udara dalam ruang adalah suatu faktor penting dalam mempengaruhi kesehatan manusia. Faktor penting dalam kualitas udara dalam ruang seperti parameter fisik, kimia serta kontaminasi biologis.

Pencemaran udara juga dapat terjadi di dalam ruangan atau disebut *indoor pollution* seperti sekolah, kantor, rumah sakit dan basemen (Agus, 2007). Pencemaran udara dalam ruang kini menjadi hal yang penting, hal ini menurut penelitian bahwa manusia menghabiskan waktunya berada di dalam ruangan atau tempat tinggal sebesar 70%. Seiring dengan banyaknya aktivitas didalam ruangan atau gedung semakin memungkinkan peningkatan jumlah polutan yang menyebabkan terpaparnya kesehatan akibat pencemaran udara dalam ruang (Astuti, 2010). Selain itu kualitas udara dalam ruangan juga dipengaruhi oleh udara yang berasal dari luar ruangan yang masuk ke dalam ruangan melalui ventilasi udara.

Selain itu berikut hasil pengukuran di lokasi lain mengenai kualitas udara dalam ruang oleh Darmanijati *et.al.*,(2022) dimana pada penelitian ini mendapatkan hasil dengan menunjukan pada lokasi pengukuran dapat berpengaruh terhadap kadar dari gas yang diukur, nilai NO₂ tertinggi ada pada angka 453,20 µgr/ m³ dan nilai SO₂ tertinggi ada pada angka 455,16 µgr/ m³. Menurut peneliti jumlah kendaraan yang masuk tidak berpengaruh terhadap kadar dari gas NO₂ maupun SO₂ Pada area basemen di Lippo Mall Yogyakarta dan menurut peneliti harus dibutuhkannya ventilasi dalam basemen.

2.2 Sumber Pencemaran Udara Dalam Ruang

Menurut Candrasari & Mukono (2013) sumber pencemaran udara dalam ruang memiliki hubungan dengan bangunan itu sendiri dan aktivitas manusianya, oleh karena itu sumber pencemar udara dalam ruangan berdasarkan asalnya dibagi menjadi lima yaitu:

1. Pencemaran yang ditimbulkan oleh kegiatan penghuni ruangan mengarah pada pelepasan polutan atau zat berbahaya yang dihasilkan oleh aktivitas penghuni di dalam suatu ruangan, seperti penggunaan bahan pembersih ruangan dan asap rokok;
2. Pencemaran yang ditimbulkan dari luar bangunan mengarah pada polutan yang berasal dari luar bangunan di dalamnya. Polutan ini seperti masuknya gas buang dari kendaraan bermotor;
3. Pencemaran yang ditimbulkan dari bahan bangunan yang merujuk pada pelepasan suatu zat atau partikel berbahaya dari bahan yang telah digunakan dalam konstruksi dan perawatan bangunan yang digunakan seperti asbestos, lem dan formaldehid;
4. Pencemaran yang ditimbulkan dari mikroba merujuk pada kondisi peningkatan konsentrasi jamur, bakteri, virus atau protozoa dalam udara suatu ruangan, mikroorganisme ini dapat memainkan peran sebagai sumber potensial; dan
5. Sistem pertukaran udara segar yang kurang akibat sistem ventilasi yang bermasalah mengacu pada situasi dimana ruangan tidak dapat menyediakan jumlah udara segar yang cukup. Sistem ventilasi yang bermasalah akan berdampak negatif pada kualitas udara dalam ruang.

Sumber pencemar tersebut yang terdapat pada udara dalam ruang dapat berasal dari benda mati bersumber debu, gas, asap. Selain itu pada udara dalam ruang memiliki sumber yang diakibatkan dari mikroorganisme seperti jamur, virus, dan bakteri. Sumber pencemar tersebut berbahaya bagi kesehatan, sifat dan derajat racun dari pencemar bergantung pada sifat fisik atau kimianya.

2.3 Parameter Udara Dalam Ruang

Parameter polutan yang berada diudara dalam ruang memiliki keterkaitan dengan volume udara yang terdapat pada ruangan, pertukaran udara dari atmosfer luar dan konsentrasi polutan yang terdapat diruangan. Parameter udara dalam ruangan terdiri dari fisik, kimia dan biologis. Aspek parameter tersebutlah yang dapat menimbulkan kualitas udara dalam ruangan tidak baik disebabkan kontaminan-kontaminan yang terkandung didalamnya. Oleh karena itu parameter udara dalam ruangan yang sering ditemukan untuk udara dalam ruang yaitu :

2.3.1 Laju Ventilasi

Ventilasi merupakan sebuah cara dalam mengurangi kontaminan yang berada diudara, selain itu ventilasi juga mempunyai tujuan dalam menghindari terjadinya pengumpulan konsentrasi zat baik yang mudah terbakar atau meledak seperti uap, debu dan gas (Niko, 2009). Proses ventilasi ini dengan pemasukan atau pertukaran udara (bersih) dari luar dan mengeluarkan udara yang berkualitas kurang baik secara alami maupun secara mekanis. Dengan proses pemasukan dan pengeluaran udara ini diharapkan kondisi udara dalam ruang akan tetap terjaga dan tidak tercemar oleh polutan. Jenis ventilasi dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

a. Ventilasi Alami

Ventilasi alami merupakan pertukaran udara secara alami yang tidak menggunakan alat mekanis. Ventilasi ini mengusulkan sirkulasi udara yang sehat, nyaman serta tidak perlu memerlukan energy tambahan, ventilasi alami dapat terjadi akibat adanya perbedaan antara pergerakan angin diluar bangunan dan suhu didalam bangunan. Maka dari itu banyak pengaruh dari kekuatan angin dan perbedaan tekanan udara yang memerlukan lubang ventilasi guna memasukan dan mengeluarkan udara dalam ruang. Laju ventilasi ini juga dipengaruhi oleh luas bukaan ventilasi maka perlu direncanakan bentuk pola aliran distribusi udara dalam ruang agar dapat menentukan pendistribusian udara masuk maupun keluar.

b. Ventilasi Mekanik

Ventilasi mekanik atau buatan merupakan pertukaran udara yang dilakukan secara tidak alami, karena proses ventilasi ini memerlukan alat seperti air conditioner, kipas angin, penghisap dan lainnya. Ventilasi mekanik ini dapat membantu dan mengendalikan udara yang masuk dan keluar ke dalam ruangan. Selain memasukan dan mengeluarkan udara ventilasi mekanik juga dapat menghisap udara panas dalam ruangan dengan begitu udara panas dapat dikendalikan.

2.3.2 Pencahayaan

Setiap ruangan memerlukan intensitas pencahayaan yang perlu disesuaikan penggunaannya dengan aktifitas yang dilakukannya (Irianto, 2006). Selain itu pencahayaan sebuah salah satu faktor dalam mendapatkan kondisi lingkungan kerja yang nyaman dan berhubungan pada kegiatan pekerjaan. Pencahayaan yang baik akan menentukan suatu objek yang dikerjakan dengan jelas dan cepat tanpa upaya yang tidak perlu. Selain itu kondisi pencahayaan yang buruk juga dapat mengakibatkan kelelahan mata akibat daya kerja mata yang berkurang dan terasa nyeri pada area mata. Sumber pencahayaan dibagi menjadi dua yaitu sumber cahaya alami dan sumber cahaya buatan. Sumber cahaya alami merupakan sumber cahaya yang berasal dari alam seperti matahari, sedangkan sumber cahaya buatan merupakan sumber cahaya yang berasal peralatan yang dibuat oleh manusia seperti lampu.

2.3.3 Sulfur Dioksida (SO₂)

2.3.3.1 Karakteristik

Menurut Godish (1997), Sulfur oksida merupakan gas yang terbentuk di atmosfer yang dihasilkan dari aktivitas oksidasi senyawa Sulfur tereduksi yang dapat dihasilkan dengan alami ataupun aktivitas yang dihasilkan manusia. Sulfur dioksida (SO₂) dan Sulfur trioksida (SO₃) berasal dari proses pembakaran bahan bakar biomassa. Sulfur dioksida (SO₂) merupakan gas polutan yang tidak memiliki

warna dan bau belerang kecuali pada saat suhu dibawah 21 derajat, maka Sulfur dioksida akan berwarna coklat kekuningan dan berbau menyengat.

Sulfur Dioksida (SO_2) memiliki tingkat kelarutan yang cenderung rendah apabila bertemu dengan air yang bercampur dengan larutan alkali. Sulfur Dioksida (SO_2) dapat menyebabkan gangguan kesehatan sistem pernafasan dan dapat menimbulkan hujan asam apabila konsentrasi sulfur dioksida di udara sudah menumpuk, di antara seluruh pencemar udara yang berbentuk gas sulfur dioksida (SO_2) menjadi pencemar udara pertama yang sudah ditetapkan menjadi gas pencemar udara fitotoksik (Singh *et al*, 2012).

2.3.3.2 Dampak Terhadap Kesehatan

Peningkatan konsentrasi gas pencemar sulfur dioksida yang disebabkan oleh proses pembakaran bahan bakar dapat meningkatkan potensi risiko penyebab kematian pada makhluk hidup terutama pada manusia yang setiap saat membutuhkan udara bebas. Menurut Muziansyah dkk (2015), gas pencemar berjenis sulfur dioksida dapat mengakibatkan dampak negatif untuk kesehatan manusia dapat bermula dari munculnya iritasi pada saluran pernafasan dan mengganggu fungsi dari paru-paru. Selain itu efek pajanan oleh sulfur dioksida pada saat konsentrasi tertentu dapat mengakibatkan iritasi dan berujung pada kematian, untuk efek berkepanjangan dari paparan sulfur dioksida ini secara signifikan akan meningkatkan potensi terkena penyakit paru-paru bagi penduduk yang berusia 30 sampai 60 tahun.

Menurut Survey yang dilakukan WHO pada tahun 2012, terdapat kisaran 7 juta orang meninggal setiap tahunnya yang di akibatkan oleh polusi udara. Pencemaran udara sudah menjadi faktor risiko terbesar dalam kesehatan dan setara dengan risiko kesehatan seperti merokok (WHO, 2018).

Tabel 2.1 Kadar Sulfur dioksida dan Dampak Terhadap Kesehatan

Kadar SO ₂	Satuan	Dampak Terhadap Manusia
3-5	Ppm	Kadar minimum yang dapat dideteksi baunya
8-12	Ppm	Kadar minimum yang segera memberikan efek iritasi pada tenggorokan
20	Ppm	Kadar minimum yang dapat mengiritasi mata
50-100	Ppm	Kadar maksimum yang diperbolehkan pada paparan singkat (+- 30 Menit)
400-500	Ppm	Sudah berbahaya meskipun dalam paparan waktu yang singkat

2.3.3.3 Dampak Terhadap Lingkungan

Peningkatan konsentrasi sulfur dioksida tidak hanya berpengaruh terhadap manusia saja, akan tetapi gas pencemar ini juga berdampak negatif kepada lingkungan yaitu pada tumbuhan, yang dimana paparan sulfur dioksida ini dapat mempengaruhi karakteristik, morfologi, fisiologis, dan kadar biokimia tanaman. Pada tanaman biasanya sulfur dioksida membuat laju pertumbuhan jadi melambat, menurunkan laju fotosintesis, menurunkan kandungan klorofil, dan mengurangi kandungan karotenoid.

2.3.4 Nitrogen Dioksida (NO₂)

2.3.4.1 Karakteristik

Menurut Godish (1997), gas pencemar berjenis nitrogen dioksida merupakan gas yang memiliki variasi warna seperti kuning hingga coklat yang dipengaruhi oleh banyaknya konsentrasi nitrogen dioksida di atmosfer. Nitrogen dioksida ini berbau menyengat bersifat toksik dan dapat membuat korosif karena tingkat oksidasi dari nitrogen dioksida sangat tinggi. Gas pencemar nitrogen dioksida ini dapat terbentuk pada saat aktivitas manusia seperti berkendara motor maupun mobil atau adanya bahan bakar yang dibakar di suhu tinggi. Dikarenakan nitrogen mudah berubah menjadi bentuk lain maka konsentrasi NO dan NO₂ dapat dinyatakan sebagai NO₂, NO dan NO₂ menjadi masalah utama dalam proses kimia dalam atmosfer.

2.3.4.2 Dampak Terhadap Kesehatan

Dampak yang banyak terjadi dikarenakan penyebab dari gas nitrogen yakni terjadinya gangguan sistem pernapasan seperti batuk, sesak nafas, *bronchopneumonia*, *cyanosis*, dan *methemoglobinemia* yang dapat disebabkan oleh keberadaan nitrogen dioksida dengan tingkat konsentrasi tinggi. Paparan konsentrasi nitrogen dioksida pada ruangan tertutup lebih berbahaya dapat menyebabkan kematian, akan tetapi paparan pada konsentrasi rendah juga dapat menyebabkan gejala pernafasan ringan.

2.3.4.3 Dampak Terhadap Lingkungan

Dampak paparan senyawa NO₂ pada lingkungan dirasakan terhadap tumbuhan di sekitar area yang tingkat NO₂ nya tinggi, pada tumbuhan paparan NO₂ berpengaruh kepada jumlah kadar klorofil daun. Selain itu paparan NO₂ akan berdampak pada meningkatnya peroksidasi lipid dan disolusi protein yang dibarengi induksi dari aktivitas peroxidase (POD). Gas NO₂ jika bereaksi dengan asap dari bensin yang tidak terbakar sempurna ditambah dengan adanya zat hidrokarbon lain maka akan terbentuknya ozon rendah atau kabut berwarna coklat kemerahan yang dapat menyelimuti sebagian besar kota.

2.4 Baku Mutu Kesehatan Udara Dalam Ruang

Baku mutu udara ambien dapat dilihat dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023. Peraturan ini merupakan sebuah acuan mengenai konsentrasi polutan yang masih dapat diizinkan, sedangkan baku mutu udara ambien sendiri merupakan sebuah nilai yang memiliki batas mengenai kadar atau konsentrasi polutan yang ada dan berikut nilai baku mutu kualitas udara dalam ruang pada Tabel 2.2 :

Tabel 2.2 Baku Mutu Kesehatan Udara Dalam Ruang

No	Parameter	Waktu	Baku Mutu	Metode Pengukuran
1	Laju Ventilasi	1 Menit	0,25 m/detik	Anemometer
2	Pencahayaan	1 Menit	60 Lux	Luxmeter
3	Sulfur Dioksida (SO ₂)	1 Jam	500 µg/m ³	Spektrofotometer
		24 Jam	20 µg/m ³	
4	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 Jam	200 µg/m ³	Spektrofotometer
		1 Tahun	40 µg/m ³	

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023

2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Udara Dalam Ruang

2.5.1 Sumber Aktivitas Manusia

Sumber aktivitas manusia merupakan salah satu kontributor yang signifikan terhadap pencemaran udara dalam ruang. Hal itu dikarenakan aktivitas manusia dilakukan di dalam ruangan yang menyebabkan pengaruh terhadap polutan yang dihasilkan seperti: merokok, pemakaian produk pembersih atau pengharum ruangan dan gas buang kendaraan bermotor (Zhang, J., et al., 2018).

2.5.2 Ventilasi

Ventilasi merupakan salah satu faktor penting dalam mempengaruhi kualitas udara dalam ruangan. Ventilasi yang baik akan membantu dalam membuang

polutan yang berada di dalam ruang dan memberikan pergerakan udara yang baik di dalam gedung yang dapat mencegah penumpukan bakteri atau polutan lainnya (Abdillah 2009).

2.5.3 Kelembapan

Kelembapan udara mampu membentuk partikel yang berangkain dengan air. Oleh sebab itu partikel polutan akan membentuk gumpalan yang besar, akan tetapi kelembapan yang rendah <20% akan menimbulkan keringnya membran pada area selaput lendir namun pada saat kelembapan tinggi akan menimbulkan peningkatan mikroorganisme serta lepasnya format dehid dari material bangunan (Fauziah, 2017).

2.5.4 Suhu

Suhu merupakan hal penting pada udara dalam ruang, dikarenakan suhu memiliki pengaruh terhadap kenyamanan, kesehatan dan produktivitas penghuni ruangan. Oleh karena itu kondisi suhu yang tidak normal dapat menimbulkan bertumbuhnya jamur serta bakteri yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia dan kualitas udara dalam ruangan.

2.6 Surfer

Software Surfer merupakan produksi dari *American Golden Software Company* (AGSC), Surfer versi 1.0 mulai diperkenalkan ke pasaran pada tahun 1985. Kemudian pada tahun 2002, AGSC mengeluarkan Surfer versi 8.0. Surfer merupakan perangkat lunak yang berjalan pada windows yang dapat menginterpolasikan data dua dimensi dengan baik. Selain itu fungsi dari Surfer adalah dapat menampilkan peta tiga dimensi, menganalisis perhitungan, memproses batch, manajemen objek, dan membuat peta kontur (Si dkk, 2010). program Surfer berbasis grid dengan menginterpolasi data XYZ dengan jarak tidak beraturan ke dalam grid dengan jarak teratur (Hussein, 2019). Data XYZ sebagai langkah utama dalam pengerjaan peta pada Surfer. Program ini berjalan pada sistem operasi Microsoft Windows, Surfer terdiri dari tiga unsur yaitu *worksheet*, editor dan *surface plot*. *Surface plot* merupakan sebuah lembar kerja yang digunakan

untuk membuat peta. Prinsip kerja dari Software Surfer yaitu menginterpolasikan data XYZ yang tidak beraturan menjadi bentuk grid yang teratur dan meletakkan hasil proses grid ke dalam file. Selanjutnya file tersebut akan digunakan untuk membuat peta kontur atau peta permukaan 3D. Grid merupakan serangkaian garis vertikal dan horizontal ini memiliki titik-titik perpotongan. Pada titik perpotongan ini disimpan nilai Z yang berupa titik ketinggian atau kedalaman. *Gridding* merupakan proses pembentukan rangkaian nilai Z yang teratur dari sebuah data XYZ. Hasil dari proses *gridding* ini adalah file grid yang tersimpan pada file .grd (Budiyanto, 2005).

2.7 Penelitian Terkait Kualitas Udara Dalam Ruang

Melaksanakan penelitian membutuhkan acuan untuk dijadikan referensi dari penelitian sebelumnya. Dari beberapa referensi yang ditemukan tidak ada judul yang sama dengan penelitian yang akan dilakukan. Berikut adalah referensi penelitian sebelumnya dapat dilihat di Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu Kualitas Udara Dalam Ruang

Peneliti	Judul	Hasil
Niko Abdillah. (2009)	Kajian Ulang Sistem Ventilasi Pada Underground Car Park Gedung Perkantoran Menggunakan Program Flovent	Pada penelitian ini memperoleh hasil pengukuran laju ventilasi yang dikeluarkan pada basement 2, basement 1 dan Lower Ground. Dengan nilai 76,36 m ³ /jam, 65,69 m ³ /jam dan 13,16 m ³ /jam. Dengan begitu nilai ini berbeda dengan standar keperluan yang berdasarkan ASHRAE yaitu sebesar 202,135 m ³ /jam. Dapat disimpulkan hasil pengukuran bahwa suhu dalam ruangan parkir sangat tinggi akibat tidak sesuainya kebutuhan udara tidak terpenuhi.
Seni Herlina J. Tongkukut, As.Ari (2016)	Analisis Tingkat Pencahayaan Ruang Kuliah Dengan Memanfaatkan	Pada penelitian ini memperoleh hasil rata-rata maksimum ruang kuliah di Jurusan Fisika FMIPA Unsrat dengan sumber pencahayaan

	Pencahayaan Alami dan Pencahayaan Buatan	alami senilai 77 lux, 55 lux, 71 lux dan 128 lux. Sedangkan pencahayaan buatan memperoleh nilai 128 lux, 166 lux, 138 lux dan 170 lux. Nilai tersebut masih belum memenuhi baku mutu yang terdapat pada SNI senilai 250 lux
Darmanijati, M. R. S., Valentine, K., Axealevy, O., Warsiyah, W., & Setyanto, K. (2022).	Konsentrasi Gas SO _x dan NO _x Di Udara Dalam Ruang Parkir Basement Lippo Plaza Mall Yogyakarta	Pada penelitian ini mendapatkan hasil dengan menunjukan pada lokasi pengukuran dapat berpengaruh terhadap kadar dari gas yang diukur, nilai NO _x tertinggi ada pada angka 453,20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan nilai SO _x tertinggi ada pada angka 455,16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Menurut peneliti jumlah kendaraan yang masuk tidak berpengaruh terhadap kadar dari gas NO _x maupun SO _x Pada area basement di Lippo Mall Yogyakarta. Dan menurut peneliti harus dibutuhkannya ventilasi dalam basement.
Sandi, A. M., & I.W, H. R. (2018).	Studi Kadar CO, SO ₂ and NO ₂ Pada Ruang Tunggu Penumpang Di Terminal Bus Bulupitu Purwokerto	Hasil pengukuran kadar CO, SO ₂ dan NO ₂ mendapatkan hasil bahwa untuk kadar CO sendiri itu masih di angka 0 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, untuk SO ₂ pada pagi dan sore hari pertama mendapatkan rata rata $120 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, hari kedua menghasilkan rata rata $115,65 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Untuk NO ₂ pada pagi dan sore hari pertama mendapatkan rata rata $190 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, sedangkan hari kedua mendapatkan rata rata $300,7 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Untuk hasil dari kedua parameter tersebut yang dilakukan pada ruang tunggu terminal sudah melebihi nilai ambang batas (NAB).
Penelitian, U., Frisca, M. D. E. A., Studi, P., Geofisika, T., &	Analisis Sebaran Emisi SO ₂ and NO ₂ Dari Cerobong Industri Pengolahan Kelapa	Hasil dari pengukuran yang dilakukan memperoleh hasil dari sebaran konsentrasi pada reseptor untuk SO ₂ tertinggi dan Terendah

Kebumian, J. T. (2021).	Sawit Dengan Model AERMOD di PT Perkebunan Nusantara VI Unit Usaha Pinang Tinggi Kabupaten Muaro Jambi.	dengan periode 1 jam dan 24 jam paling tinggi didapat pada reseptor kantin karyawan PKS dengan nilai 35,85059 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan paling rendah pada reseptor Perumahan Karyawan PKS (pondok 5). Untuk sebaran NO_2 tertinggi ada apada reseptor Kantin Karyawan PKS dengan nilai 115,63748 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan terendah pada reseptor perumahan karyawan PKS (pondok 5) dengan nilai 24,36405 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil Validasi menggunakan model AERMOD dengan metode <i>Root Mean Square Percent Error</i> (RMSPE) untuk nilai dari gas SO_2 yang terhitung yaitu sebesar 19,94%(Valid) sedangkan untuk gas NO_2 memiliki nilai akurasi RMSPE diatas 25% (tidak valid).
Shine, S., & Journal, M. (2021).	Quality Analysis Of SO_2 and NO_2 Gas In Ambient Air	Hasil pengukuran di kawasan Simpang Pagar Dewa Kota Bengkulu mendapatkan nilai rata-rata yang masih dibawah nilai ambang batas dikarenakan lokasi penelitian kali ini merupakan daerah dataaran rendah, maka dari itu angin cenderung membawa pencemar gas SO_2 dan NO_2 terbang jauh. Dan pada pengukuran ini gas SO_2 100% data memenuhi syarat, sedangkan NO_2 75% data memenuhi syarat dan 25% tidak memenuhi syarat dari baku mutu.

BAB III

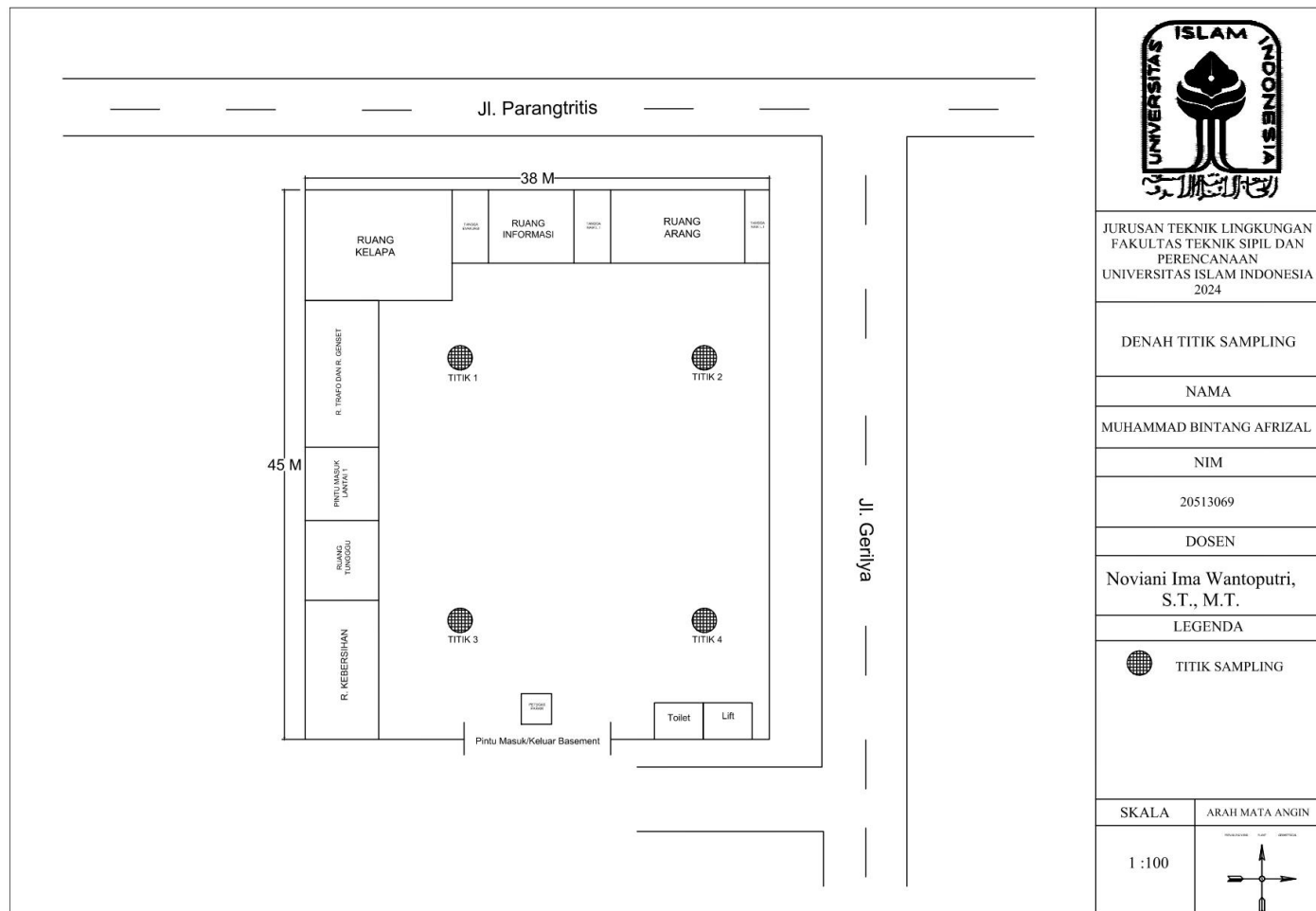
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2024, lokasi penelitian berada di basemen Pasar Prawirotaman Jl. Parangtritis No.103, Brontokusuman, Kec. Mergangsan, Kota Yogyakarta dengan jumlah 1 lantai basemen dengan 4 titik pengambilan sampel yang berada pada Gambar 3.1. Titik tersebut telah mewakili setiap sudut wilayah basemen Pasar Prawirotaman, kemudian untuk populasi pada basemen ini memiliki jumlah kurang lebih 30 orang, dengan kapasitas kendaraan parkir senilai 385 unit motor dan 10 mobil. Pengambilan sampel akan dilaksanakan selama dua hari atau dilakukan berulang untuk setiap titik samplingnya dapat dilihat pada Tabel 3.1. Dengan tujuan untuk mengetahui perbandingan hasil pengukurannya. Pengambilan sampel dilaksanakan dengan durasi satu jam untuk konsentrasi SO_2 dan NO_2 , satu menit untuk pencahayaan dan per satu jam untuk parameter laju ventilasi dan meteorologis. Lalu untuk pengujian konsentrasi SO_2 , NO_2 , laju ventilasi dan pencahayaan dilakukan di Laboratorium Kualitas Udara Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Tabel 3.1 Waktu pengambilan sampel pada setiap parameter

No	Hari, tanggal	Parameter			
		SO_2	NO_2	Laju Ventilasi	Pencahayaan umum
1	Kamis, 4 Januari 2024	-	-	✓	✓
2	Jumat, 12 Januari 2024	✓	✓	✓	✓
3	Selasa, 16 Januari 2024	✓	✓	✓	✓



Gambar 3.1 Denah titik pengambilan sampel pada basemen pasar prawirotaman

Tabel 3.2 Tabel sebaran titik sampling berdasarkan koordinat

NO	Kode Lokasi	Koordinat	Keterangan
1	Titik 1	7°49'12"LS 110°22'05"BT	Merupakan sebuah akses keluar masuk kendaraan yang ingin memarkirkan kendaraannya kemudian terdapat ruang genset, ruang trafo serta area penjualan kelapa. Pada titik ini diperkirakan dapat menyumbang konsentrasi gas yang tinggi dilingkungan basemen Pasar Prawirotaman.
2	Titik 2	7°49'11"LS 110°22'06"BT	Merupakan sebuah area barat parkir dimana terdapat pintu masuk ke dalam pasar dan terdapat area berjualan arang. Oleh sebab itu titik ini diperlukan pengukuran.
3	Titik 3	7°49'12"LS 110°22'06"BT	Merupakan sebuah area pintu masuk dan keluar kendaraan kemudian terdapat pintu masuk pasar dan area ruang informasi. Oleh sebab itu titik ini diperlukan pengukuran.
4	Titik 4	7°49'11"LS 110°22'06"BT	Merupakan sebuah area pintu masuk dan keluar parkir, selain itu terdapat pintu masuk lift, toilet dan terdapat rumah pompa. Oleh sebab itu titik ini diperlukan pengukuran.

Alasan pemilihan wilayah studi pada basemen Pasar Prawirotaman dikarenakan memiliki jumlah pengunjung pasar yang banyak hal itu akan berbanding lurus dengan jumlah kendaraan yang parkir dibasemen. Oleh karena itu terdapat potensi bahaya atas sumber pencemar yang berasal dari asap kendaraan area basemen Pasar Prawirotaman. Hal tersebut dilakukan karena ada kemungkinan kurang maksimalnya sistem ventilasi seperti sistem *exhaust* dan sistem *fresh air*. Seperti yang sudah dijelaskan dalam tabel di atas bahwa pemilihan titik sampling tersebut sesuai dengan jumlah populasi pada area basemen pasar prawirotdaman dan koordinat di Google Earth. Basemen tersebut sudah dipastikan memerlukan pemantauan kualitas udara dalam ruang agar dapat menjamin kondisi kesehatan

para pekerja dan pengunjung pasar dan akan diteliti apakah udara yang dihirup tidak mengandung zat berbahaya atau tidak.

3.2 Alat dan Bahan

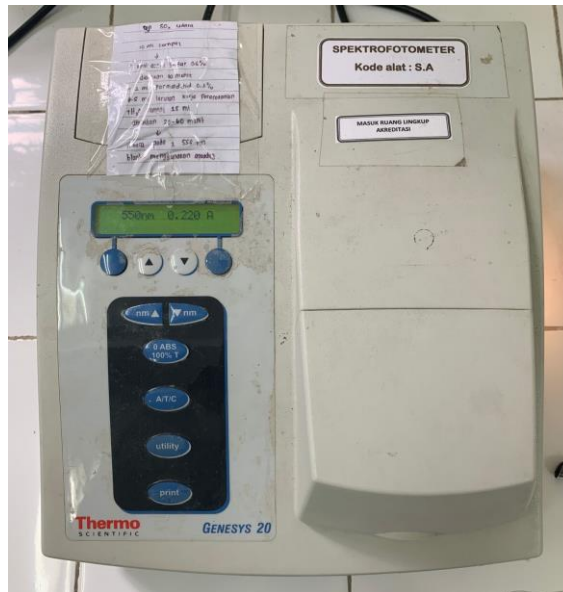
3.2.1 Alat Sampling

Berikut alat yang diperlukan untuk mendukung kelancaran saat melakukan penelitian yaitu :

1. Formulir Sampling;
2. GPS;
3. Impinger;
4. Lux Meter;
5. Spektrofotometer;
6. Tripod;
7. Anemometer;
8. Thermohygrometer;
9. Timer



Gambar 3.2 Set Impinger



Gambar 3.3 Spektrofotometer



Gambar 3.4 Luxmeter dan Anemometer



Gambar 3.5 Thermohygrobarometer

Adapun peralatan untuk pengukuran konsentrasi gas di udara dalam ruang menggunakan impinger, impinger ini merupakan alat untuk mengetahui tingkat polusi konsentrasi gas yang dapat dilakukan secara waktu nyata pada saat dilokasi. Cara kerja alat ini yaitu menghisap udara luar ke dalam tabung reaksi, selain itu alat ini dioperasikan secara manual dengan batas waktu dari 1 jam sampai 24 jam. Pada impinger terdapat tabung impinger, pompa penghisap, flow meter dan tabung pengaman. Sebuah pompa penghisap akan menarik udara kedalam tabung yang berisi larutan penjerap, selanjutnya akan dilakukan pengukuran absorbansi sampel gas yang telah diambil dari lokasi penelitian menggunakan spektrofotometer. Sedangkan untuk kelebihan set midged impinger ini sangat kokoh, mudah dibawa kemana-mana, memiliki pengaturan sangat mudah dan pengambilan sampel yang akurat. Cara penggunaan alat ini pun terbilang cukup mudah dengan memasukan larutan media pada tabung impinger, kemudian mengaktifkan tombol power, lalu setting laju aliran, baca dan catat flow meter pada indikator impinger (SNI 19-7119.7-2005).

3.2.2 Bahan Sampling

- **Konsentrasi SO₂**

Pengujian konsentrasi SO₂ dalam udara mengacu pada SNI 7119-7 : 2017 dengan metode pararosanilin yang menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm. Maka sebelum melakukan pengambilan sampel SO₂, perlu menyiapkan larutan penjerap gas SO₂ terlebih dahulu di Laboratorium Kualitas Lingkungan UII, sebagai berikut bahan yang diperlukan dalam pembuatan larutan penjerap :

- Larutan asam asetat glasial pekat
- Larutan aseton
- NEDA
- Asam Sulfanilat
- Larutan Parosaniline 0,2%
- Larutan formaldehida 0,2%

- **Konsentrasi NO₂**

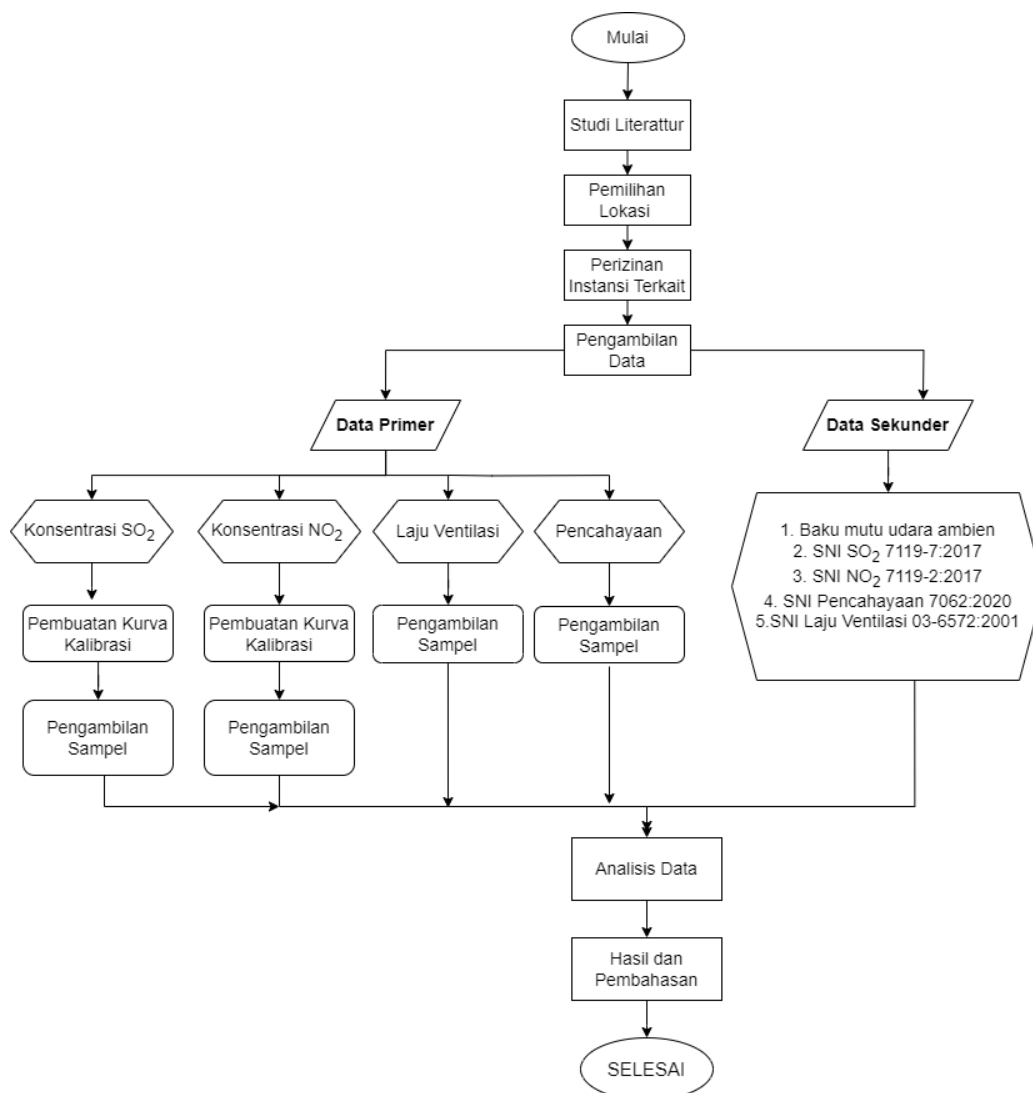
Pengujian konsentrasi NO₂ dalam udara mengacu pada SNI 7119-2 : 2017 dengan metode *Griess-Saltzman* yang menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm. Maka sebelum melakukan pengambilan sampel NO₂, perlu menyiapkan larutan penjerap gas NO₂ terlebih dahulu di Laboratorium Kualitas Lingkungan UII, sebagai berikut bahan yang diperlukan dalam pembuatan larutan penjerap :

- Larutan penjerap tetrakloromercurat (TCM) 0,04 M
- Larutan induk natrium metabisulfit (Na₂S₂O₅)
- Larutan induk iod (I₂) 0,1 N
- Larutan iod 0,01 N
- Larutan indikator kanji
- Larutan asam klorida (HCl) (1+10)
- Larutan induk natrium tiosulfat (Na₂S₂O₃) 0,1 N
- Larutan (Na₂S₂O₃) 0,01 N
- Larutan asam klorida (HCl) 1M

- Larutan asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$) 0,6%b/v
- Larutan asam fosfat (H_3PO_4) 3 m
- Larutan induk pararosanilin hidroklorida 0,2%
- Larutan kerja pararosanilin
- Larutan formaldehida 0,2%
- Larutan penyangga asetat 1 M (Ph = 4,74)

3.3 Tahap Penelitian

Tahap penelitian ini digambarkan dalam *flowchart* penelitian seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 *Flowchart* penelitian

3.4 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini data yang perlu dibutuhkan adalah data primer serta data sekunder, untuk data primer sendiri diperlukan yaitu laju ventilasi, pencahayaan serta konsentrasi SO₂ dan NO₂. Sedangkan untuk data sekunder berupa studi literatur baik dari jurnal maupun buku. Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran laju ventilasi, pencahayaan serta konsentrasi SO₂ dan NO₂ di 4 (empat) titik yang tertera pada Tabel 3.2 dimana titik itu berlokasi di basemen Pasar Prawirotaman.

3.4.1 Laju Ventilasi

Pada pengambilan laju ventilasi dilakukan menggunakan metode SNI 03-6572-2001, dalam pengambilan laju ventilasi dilakukan di 4 titik. Laju ventilasi diambil menggunakan alat *Anemometer* dengan durasi pengambilan sampel per satu jam selama 8 jam bekerja, kemudian untuk pengukuran laju ventilasi pertama yaitu persiapan alat, kemudian penentuan titik pengukuran, selanjutnya pengukuran tingkat laju ventilasi, lalu dokumentasikan hasil pengukuran, setelah pengambilan sampel dilakukan pencatatan hasil laju ventilasi.

3.4.2 Pencahayaan

Pada pengambilan pencahayaan dilakukan menggunakan metode SNI 7062: 2020, dalam pengambilan pencahayaan dilakukan berdasarkan pencahayaan umum. Pengukuran pencahayaan diambil menggunakan alat *Lux meter* dengan durasi pengambilan sampel 1 menit. Luas ruangan basemen prawirotdaman 1.088 m² maka jumlah titik pengukuran senilai 41 titik, titik pengukuran merupakan titik temu antara garis diagonal panjang dan lebar ruangan, setelah penentuan titik hidupkan lux meter, pastikan rentang skala pengukuran pada lux meter sesuai dengan intensitas pencahayaan, buka penutup sensor, pastikan pembacaan muncul dilayar, lakukan pengukuran dengan ketinggian sensor 0,8 m dari lantai, baca hasil pengukuran pada layar dan dilakukan pengukuran berulang sebanyak 3 kali, lakukan pencatatan dan matikan *lux meter*.

3.4.3 Konsentrasi SO₂

Pada pengambilan konsentrasi SO₂ dilakukan menggunakan metode SNI 7119.7-2017. Pada pengambilan konsentrasi SO₂ dilakukan di 4 titik. Konsentrasi SO₂ diambil menggunakan alat set Impinger dengan durasi pengambilan sampel 1 jam. Pada pengambilan konsentrasi SO₂ Impinger diletakkan pada tripod setinggi 1,5 meter, memasukan larutan penjerap SO₂ sebanyak 10 mL ke dalam botol penjerap, menghidupkan pompa penghisap udara dengan kecepatan aliran 0,5 sampai 1 L/menit dicatat sebagai F₁, lakukan pengambilan konsentrasi selama 1 jam dan catat temperature serta tekanan udara, setelah 1 jam catat laju alir akhir F₂, matikan pompa penghisap. Kemudian larutan SO₂ ini dilakukan pengukuran menggunakan spektrofotometer.

3.4.4 Konsentrasi NO₂

Pada pengambilan konsentrasi NO₂ dilakukan menggunakan metode SNI 7119.2-2017. Pada pengambilan konsentrasi NO₂ dilakukan di 4 titik. Konsentrasi NO₂ diambil menggunakan alat set *Impinger* dengan durasi pengambilan sampel 1 jam. Pada pengambilan konsentrasi NO₂ Impinger diletakkan pada tripod setinggi 1,5 meter, memasukan larutan penjerap NO₂ sebanyak 10 mL ke dalam botol penjerap, menghidupkan pompa penghisap udara dengan kecepatan aliran 0,5 sampai 1L/menit dicatat sebagai F₁, lakukan pengambilan konsentrasi selama 1 jam dan catat temperature serta tekanan udara, setelah 1 jam catat laju alir akhir F₂, matikan pompa penghisap. Kemudia larutan NO₂ ini dilakukan pengukuran menggunakan spektrofotometer.

3.4.5 Data Pendukung

Data pelengkap didapatkan dari data meteorologis dan data jumlah kendaraan. Parameter meteorologi atau disebut juga parameter cuaca adalah parameter-parameter yang memiliki pengaruh terhadap perubahan cuaca. Parameter meteorologi antara lain; suhu, tekanan udara, kelembapan udara dan kecepatan angin (Ferian, 2020). Hal ini dikarenakan data meteorologi dapat digunakan untuk mengidentifikasi sumber pencemar, memprediksi hari dimana konsentrasi polutan tinggi dan memprediksi pola sebaran kualitas udara. Sedangkan pada data jumlah

kendaraan merupakan sebagai data pendukung dalam melihat hasil konsentrasi pencemar, dimana kendaraan sendiri tidak selalu berjalan sempurna sehingga di dalam gas buang mengandung senyawa berbahaya seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen dioksida (NO₂) dan partikulat. Selain itu untuk bahan bakar yang mengandung timbal dan sulfur, hasil pembakaran didalam mesin kendaraan juga akan menghasilkan gas buang yang mengandung sulfur dioksida (SO₂). Adanya peningkatan jumlah kendaraan sendiri biasanya diikuti dengan peningkatan konsentrasi pencemar yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia dan kualitas udara (Abdullah, 2018).

3.5 Prosedur Analisis Data

Pada analisis data memiliki beberapa prosedur seperti data yang telah di peroleh akan di analisis, dengan pengolahan data tersebut akan mendapatkan hasil yang bisa dijadikan bahan untuk ditarik menjadi sebuah kesimpulan. Oleh kerana itu hasil penelitian yang telah dilakukan analisis dilaporkan sebenar-benarnya. Adapun langkah-langkah yang perlu dilakukan pada saat pengolahan serta analisis data dari setiap data pengujian :

3.5.1 Analisis Data Laju Ventilasi

1. Analisis Data Kuantitatif

Pada analisis data primer ini dilakukan dengan model kuantitatif, menggunakan model statistik dimana laju ventilasi dilakukan menggunakan alat anemometer. Kemudian data yang muncul secara real-time dianalisis untuk setiap titik sampling, agar nantinya data yang telah dianalisis dapat dilihat perbandingannya. Data kuantitatif ini akan disajikan dalam bentuk grafik karena dalam bentuk grafik ini dapat memberikan pemahaman secara cepat terhadap pembaca atau pengamat dalam memahami informasi penelitian ini.

2. Membandingkan dengan Baku Mutu PerMenKes No 2 Tahun 2023

Kemudian setelah dilakukan analisis data dengan rumus yang terdapat didalamnya kemudian dilakukan perbandingan antara baku mutu dengan hasil analisis data tersebut.

3. Pemetaan Sebaran Laju ventilasi Menggunakan Surfer

Laju ventilasi yang sudah dihitung dan didapat selanjutnya dilakukan pemetaan menggunakan Software Surfer. Program ini berbasis kepada data yang berextensi salah satunya adalah excel. Guna melakukan pemetaan sebaran konsentrasi, konsentrasi yang sudah didapat per parameter terlebih dahulu direkap dalam excel. Selain konsentrasi per parameter, penulis juga menyiapkan koordinat titik *sampling*. Nantinya data konsentrasi dan koordinat titik *sampling* akan disimbolkan oleh sumbu X,Y dan Z. X adalah nilai absis, Y adalah nilai ordinat dan Z adalah nilai yang kita buat garis konturnya atau dalam penelitian ini adalah nilai konsentrasinya.

3.5.2 Analisis Data Pencahayaan

1. Analisis Data Kuantitatif

Pada analisis data primer ini dilakukan dengan model kuantitatif, dimana perhitungan ini berdasarkan lampiran C yang terdapat SNI 7062: 2020 model statistik dimana pencahayaan akan dianalisis untuk setiap titik sampling, agar nantinya data yang telah dianalisis dapat dilihat perbandingannya. Berikut analisis pencahayaan dengan rumus sebagai berikut :

$$C = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n}{n} \quad (3.1)$$

Tabel 3.3 Rumus konsentrasi tingkat pencahayaan

No.	Simbol	Keterangan
1.	C	Rerata intensitas pencahayaan (lux)
2.	C ₁	Konsentrasi pengukuran ke-1
3.	n	Banyaknya data

2. Membandingkan dengan Baku Mutu PerMenKes No 2 Tahun 2023
Kemudian setelah dilakukan analisis data dengan rumus yang terdapat didalamnya, kemudian dilakukan perbandingan antara baku mutu dengan hasil analisis data tersebut.

3.5.3 Analisis Data Konsentrasi SO₂

1. Analisis Data Kuantitatif

Pada analisis data primer ini dilakukan dengan model kuantitatif ini, menggunakan model statistik dimana parameter SO₂ akan dianalisis untuk setiap titik sampling, agar nantinya data yang telah dianalisis dapat dilihat perbandingannya (Dianna, 2020). Ketika pengambilan sampel konsentrasi SO₂ pembacaan angka setiap konsentrasi dilakukan dengan manual. Adapun pada saat perhitungan nilai angka tersebut diambil saat sampling menggunakan Impinger setelah itu di analisis volume gas dengan rumus pada Tabel 3.4 sebagai berikut :

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \times t \times \frac{P_a}{T_a} \times \frac{K}{760} \quad (3.1)$$

Tabel 3.4 Keterangan rumus konsentrasi Gas SO₂

No.	Simbol	Keterangan
1.	V	Volume udara diambil dikoreksi pada kondisi normal 25°C, 760 mmHg (m ³)
2.	Q ₁	Pencatatan laju alir ke -1 (m ³ /menit)
3.	n	Jumlah pencatatan laju alir
4.	t	Durasi pengambilan contoh uji (menit)
5.	Pa	Tekanan barometer rata-rata selama pengambilan contoh (mmHg)
6.	Ta	Temperature rata-rata selama pengambilan contoh uji dalam Kelvin (K)
7.	298	Konversi temperatur pada kondisi normal (25°C) ke dalam Kelvin (K)
8.	760	Tekanan udara standar (mmHg)

$$C = \frac{a}{v} \times 1.000 \quad (3.2)$$

Tabel 3.5 Keterangan rumus konsentrasi Gas SO₂

No.	Simbol	Keterangan
1.	C	Konsentrasi SO ₂ di udara (µg /m ³)
2.	a	Jumlah SO ₂ dari contoh uji dengan melihat kurva kalibrasi (µg)
3.	v	Volume udara pada kondisi normal (L)
4.	1.000	Konversi liter (L) ke m ³

Nantinya setelah data pengambilan sampel dihitung persamaan rata-ratanya dan diperoleh hasil perhitungan gas. Hasil tersebut akan ditunjukkan dengan bentuk grafik statistik agar data tersebut dapat mudah dipahami serta dapat menarik pembaca (Subandi, 2011).

2. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi menjadikan sebuah data dalam bentuk grafik yang menjelaskan keterkaitan antara konsentrasi larutan standar dengan hasil pembacaan serapan dengan suatu garis lurus. Pada metode ini dibuat larutan deret standar dengan pembuatan larutan deret sebesar 0,02 ppm ; 0,04 ppm ; 0,06ppm ; dan 0,08 ppm ke dalam labu ukur 25mL, lalu ditambahkan larutan penjerap sampai volumenya 10 mL. Masing-masing labu ukur ditambahkan 1 mL larutan asam sulfamat 0,6% dan ditunggu sampai 10 menit. Setelah itu larutan tersebut ditambahkan 2 mL larutan formaldehida 0,2% dan 5 mL larutan pararosanilin. Campuran larutan ditepatkan dengan air suling sampai volume 25 mL, lalu dihomogenkan dan ditunggu 30-60 menit. Absorbansi masing-masing larutan standar diukur menggunakan spektrofotometer UV-Visibel pada panjang gelombang 550 nm.

3. Membandingkan dengan Baku Mutu PerMenKes No 2 Tahun 2023

Kemudian setelah dilakukan analisis data dengan rumus yang ada, kemudian dilakukan perbandingan antara baku mutu dengan hasil analisis data tersebut.

4. Pemetaan Sebaran Konsentrasi SO₂ Menggunakan Surfer

Konsentrasi SO₂ yang sudah dihitung dan didapat selanjutnya dilakukan pemetaan menggunakan Software Surfer. Program ini berbasis kepada data yang berextensi salah satunya adalah excel. Guna melakukan pemetaan sebaran konsentrasi, konsentrasi yang sudah didapat per parameter terlebih dahulu direkap dalam excel. Selain konsentrasi per parameter, penulis juga menyiapkan koordinat titik *sampling*. Nantinya data konsentrasi dan koordinat titik *sampling* akan disimbolkan oleh sumbu X,Y dan Z. X adalah nilai absis, Y adalah nilai ordinat dan Z adalah nilai yang kita buat garis konturnya atau dalam penelitian ini adalah nilai konsentrasinya.

3.5.4 Analisis Data Konsentrasi NO₂

1. Analisis Data Kuantitatif

Pada analisis data primer ini dilakukan dengan model kuantitatif ini, menggunakan model statistik dimana parameter NO₂ akan dianalisis untuk setiap titik sampling, agar nantinya data yang telah dianalisis dapat dilihat perbandingannya (Dianna, 2020). Ketika pengambilan sampel konsentrasi NO₂, pembacaan angka setiap konsentrasi dilakukan dengan manual. Adapun pada saat perhitungan nilai angka tersebut diambil saat sampling menggunakan Impinger setelah itu di analisis volume gas dengan rumus pada Tabel 3.6 sebagai berikut :

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \times t \times \frac{P_a}{T_a} \times \frac{K}{760} \quad (3.3)$$

Tabel 3.6 Keterangan rumus konsentrasi Gas NO₂

No.	Simbol	Keterangan
1.	V	Volume udara diambil dikoreksi pada kondisi normal 25°C, 760 mmHg (m ³)
2.	Q ₁	Pencatatan laju alir ke -1 (m ³ /menit)
3.	n	Jumlah pencatatan laju alir
4.	t	Durasi pengambilan contoh uji (menit)
5.	Pa	Tekanan barometer rata-rata selama pengambilan contoh (mmHg)

6.	Ta	Temperature rata-rata selama pengambilan contoh uji dalam Kelvin (K)
7.	298	Konversi temperatur pada kondisi normal (25°C) ke dalam Kelvin (K)
8.	760	Tekanan udara standar (mmHg)

$$C = \frac{b}{V_v} \times \frac{V_1}{25} \times 1.000 \quad (3.4)$$

Tabel 3.7 Keterangan rumus konsentrasi Gas NO₂

No.	Simbol	Keterangan
1.	C	Konsentrasi NO ₂ di udara (µg /m ³)
2.	b	Jumlah NO ₂ dari contoh uji dengan melihat kurva kalibrasi (µg)
3.	V _u	Volume udara yang dihisap pada kondisi normal 25°C, 760mmHg (m ³)
4.	V ₁	Volume akhir larutan penjerap (mL)
5.	25	Volume larutan standar dalam labu ukur
6.	1.000	Konversi liter (L) ke m ³

Nantinya setelah data pengambilan sampel dihitung persamaan rata-ratanya dan diperoleh hasil perhitungan gas. Hasil tersebut akan ditunjukkan dengan bentuk grafik statistik agar data tersebut dapat mudah dipahami serta dapat menarik pembaca (Subandi, 2011).

2. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi menjadikan sebuah data dalam bentuk grafik yang menjelaskan keterkaitan antara konsentrasi larutan standar dengan hasil pembacaan serapan dengan suatu garis lurus. Pada metode ini dibuat larutan deret standar dengan pembuatan larutan deret sebesar 0; 0,02; 0,04; 0,06 ppm ; dan 0,08 ppm ke dalam labu ukur 25mL, lalu ditambahkan larutan penjerap sampai tanda tera, kocok dengan baik dan biarkan selama 15 menit agar pembentukan warna sempurna, kemudian ukur serapan masing-masing larutan standar menggunakan spektrofotometer UV-Visibel pada panjang gelombang 550 nm.

3. Membandingkan dengan Baku Mutu PerMenKes No 2 Tahun 2023
Kemudian setelah dilakukan analisis data dengan rumus yang ada, kemudian dilakukan perbandingan antara baku mutu dengan hasil analisis data tersebut.
4. Pemetaan Sebaran Konsentrasi NO_2 Menggunakan Surfer
Konsentrasi NO_2 yang sudah dihitung dan didapat selanjutnya dilakukan pemetaan menggunakan Software Surfer. Program ini berbasiskan kepada data yang berextensi salah satunya adalah excel. Guna melakukan pemetaan sebaran konsentrasi, konsentrasi yang sudah didapat per parameter terlebih dahulu direkap dalam excel. Selain konsentrasi per parameter, penulis juga menyiapkan koordinat titik *sampling*. Nantinya data konsentrasi dan koordinat titik *sampling* akan disimbolkan oleh sumbu X, Y dan Z.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel yang digunakan pada penelitian ini berada di basemen Pasar Prawirotaman yang bertempat di Jl. Parangtritis No.103, Brotokusuman, Kecamatan Mergangsan, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pasar Prawirotaman ini merupakan pasar tradisional yang berkonsep modern, selain itu Pasar Prawirotman memiliki 619 kios dan parkir yang berkapasitas sekitar 385 unit motor dan 8 mobil dengan jam operasional mulai pukul 05.00 WIB sampai dengan 12.00 WIB. Pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan empat titik sampling. Penentuan empat titik sampling yang digunakan penelitian ini berdasarkan pada luasan area parkir dalam tanah Pasar Prawirotaman dan mewakili setiap sudut pada tempat yang menghasilkan konsentrasi pencemar yang tinggi. Titik sampling pertama ditempatkan di area ruang kelapa, ruang informasi, ruang genset dan trafo dimana tempat ini terdapat aktivitas melakukan transaksi jual beli dengan penjual dan karyawan pasar. Titik sampling kedua ditempatkan di area ruang arang dan pintu masuk menuju lantai 1 yang digunakan untuk jual beli arang dan sebagai tempat pelanggan keluar masuk pasar. Sedangkan titik ketiga ditempatkan di area pintu masuk, ruang tunggu, ruang petugas parkir dan ruang kebersihan area dimana sebagai pintu masuk dan keluar pasar prawirotnaman serta area tunggu pengunjung pasar maupun karyawan pasar. Sedangkan titik keempat ditempatkan di area pintu masuk ke pasar dengan lift serta toilet area dimana sebagai pintu masuk dan keluar pasar prawirotnaman. Keempat area ini dipastikan terkena paparan gas karena dilewati kendaraan bermotor. Kondisi eksisting lokasi penelitian dapat dilihat dalam Gambar 4.1



Gambar 4.1 Kondisi eksisting pengambilan sampel di basemen Pasar Prawirotan

4.1.1 Hasil Pengukuran Parameter Meteorologi

Pengambilan data Meteorologi pada penelitian ini dilakukan selama tiga hari dengan jangka waktu per satu jam dalam kurun waktu enam jam. Untuk setiap harinya dimulai pukul 07.00 - 12.00 WIB. Pencatatan data Meteorologi dalam ruang basemen dilakukan sebanyak 3 kali dalam rentang waktu 1 jam selama pengambilan data berlangsung. Berikut merupakan hasil rata-rata pengambilan data faktor meteorologis di basemen Pasar Prawirotaman dalam Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil pengambilan data meteorologis rata-rata di basemen Pasar Prawirotaman

Hari & Tanggal	Suhu (°C)	Kelembapan Udara (%)	Tekanan Udara (mBar)
Kamis, 4 Januari 2024	28,10	76,15	747,4
Jumat, 12 Januari 2024	29,65	76,85	748,1
Selasa, 16 Januari 2024	29,88	75,48	747,0

Berdasarkan Tabel 4.1 Kondisi lingkungan pada saat pengambilan sampel cerah dan didapatkan hasil rata-rata suhu tertinggi yaitu 29,88 °C pada Selasa, 16

Januari 2024, kemudian suhu terendah yaitu 28,10 °C pada Kamis, 4 Januari 2024. Untuk nilai kelembaban hasil rata-rata tertinggi pada hari Jumat, 12 Januari 2024 yaitu 76,85%, serta rata-rata terendahnya pada hari Selasa, 16 Januari 2024 dengan nilai 75,48%. Selanjutnya nilai rata-rata tekanan udara tertinggi yaitu 748,1 m/detik pada hari Jumat, 12 Januari 2024 sedangkan nilai rata-rata terendahnya 747,0 m/detik yaitu pada hari Selasa, 16 Januari 2024.

4.1.2 Jumlah Kendaraan

Pada penelitian ini memerlukan data pendukung seperti jumlah kendaraan, kemudian data jumlah kendaraan diambil selama 3 hari. Pengambilan data dilakukan dengan mencatat jumlah kendaraan di jam puncak aktivitas pasar pada pukul 09.00 sampai pukul 10.00 WIB. Pengambilan data ini digunakan untuk bahan pendukung dalam melakukan penelitian untuk setiap parameter fisik dan kimia (Laju ventilasi, Pencahayaan Umum, NO₂ dan SO₂). Berikut merupakan hasil pengambilan data jumlah kendaraan di Basemen parkir Pasar Prawirotnan terdapat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data jumlah kendaraan

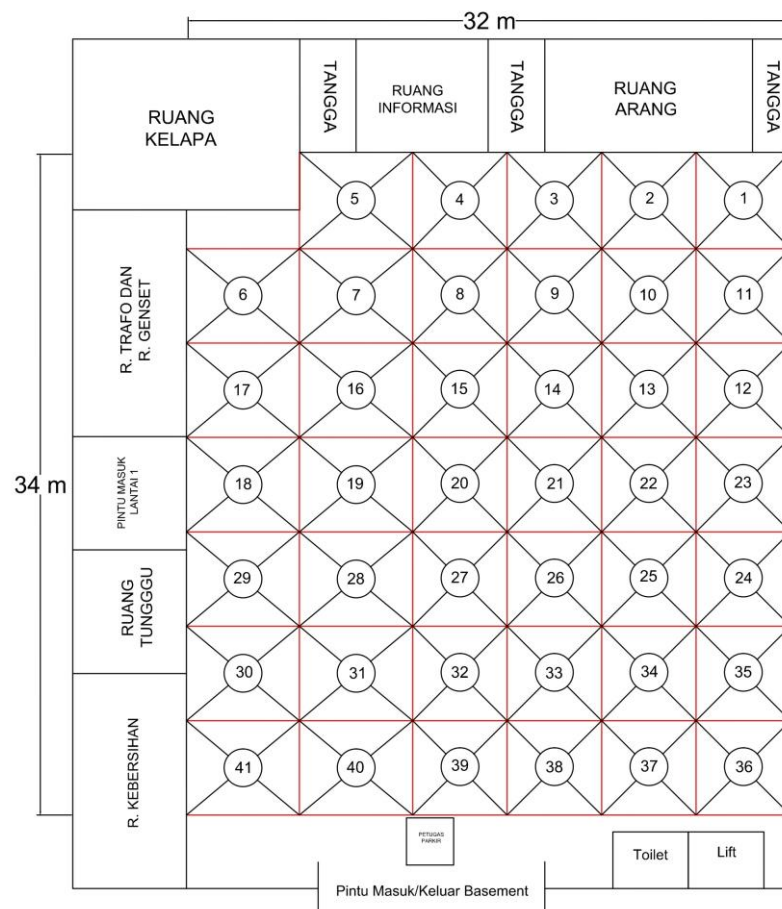
Tanggal	Jumlah Kendaraan		Satuan
	Mobil	Motor	
4 Januari 2024	15	72	Unit
12 Januari 2024	10	78	Unit
16 Januari 2024	18	85	Unit
Jumlah	43	235	Unit

Berdasarkan Tabel 4.2 data jumlah kendaraan didapatkan hasil jumlah kendaraan motor tertinggi pada tanggal 16 Januari 2024 dengan jumlah 85 motor dan jumlah kendaraan motor terendah terdapat pada tanggal 4 Januari 2024 sebanyak 72 motor. Hasil dari perhitungan jumlah kendaraan mobil tertinggi ada pada tanggal 16 Januari 2024 sebanyak 18 unit mobil dan jumlah kendaraan mobil terendah pada tanggal 12 Januari 2024 sebanyak 10 unit.

4.2 Analisis Hasil Pengukuran Pencahayaan Umum

4.2.1 Hasil Pengukuran Pencahayaan Umum

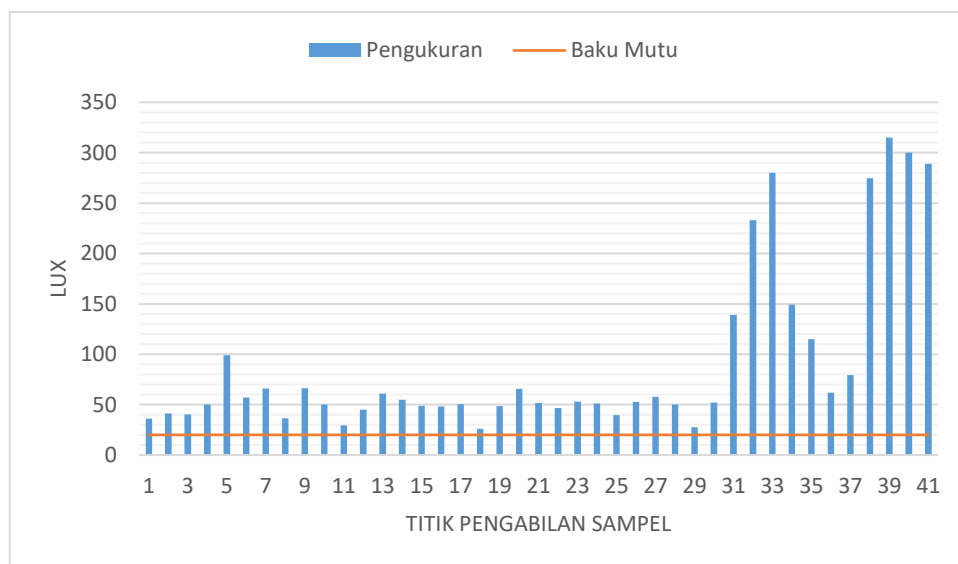
Sumber pencahayaan yang terdapat pada area parkir dalam tanah Pasar Prawirotaman menggunakan jenis sumber pencahayaan alami dan buatan dimana sumber energi matahari menembus sisi ventilasi pada basemen Pasar Prawirotaman. Dengan penggunaan pencahayaan alami ini tentu mampu menghemat energi dan biaya operasional. Pengukuran pencahayaan umum meliputi seluruh area parkir bawah tanah Pasar Prawirotaman, pada pengukuran area basemen Pasar Prawirotaman ini diketahui luas ruang sebesar 1.088 m² sehingga jumlah titik pengukuran 41 mewakili 5 m² luas ruang dapat dilihat dari Gambar 4.2 Denah Pengambilan Data Pencahayaan Umum.



Gambar 4.2 Denah pencahayaan umum

Tabel 4.3 Hasil pengambilan data pencahayaan umum di basemen Pasar Prawirotaman

Hari & Tanggal	Waktu Pengukuran	Titik Sampel	Hasil Pengukuran (lux)	Baku Mutu (PERMENKES NO 2 TAHUN 2023) (lux)
Kamis, 4 Januari 2024	08.00 - 12.00	41	91	20



Gambar 4.3 Grafik intensitas pencahayaan umum di basemen Pasar Prawirotaman



Gambar 4.4 Kondisi eksisting cahaya matahari masuk

Berdasarkan hasil pengukuran pada Gambar 4.3 nilai pencahayaan umum di area basemen Pasar Prawirotaman menghasilkan 91 lux, hasil ini memenuhi baku

mutu PerMenKes No 2 Tahun 2023. Namun, nilai intensitas pencahayaan yang terdapat dititik 32, 33, 38, 39, 40 dan 41 memiliki perbedaan cukup jauh dengan beberapa titik lainnya. Hal itu dikarenakan masuknya sinar matahari yang masuk ke dalam area basemen melalui area bukaan yang memiliki ukuran sekitar 30 cm pada dinding basemen dan dapat dilihat pada Gambar 4.4. Sedangkan pada titik lainnya yang memiliki intensitas rendah diakibatkan pada area basemen terdapat kondisi lampu mengalami kerusakan khususnya pada titik 11, namun hal itu tidak mempengaruhi kondisi pencahayaan umum pada area parkir bawah tanah Pasar Prawirotaman.

4.3 Analisis Hasil Pengukuran Laju Ventilasi

4.3.1 Hasil Pengukuran Laju Ventilasi

Sumber ventilasi terdapat pada area parkir dalam tanah Pasar Prawirotaman menggunakan jenis ventilasi alami. Ventilasi alami dapat terjadi akibat adanya perbedaan antara pergerakan angin diluar bangunan dan suhu didalam bangunan. Laju ventilasi ini juga dipengaruhi oleh luas bukaan ventilasi agar dapat menentukan pendistribusian udara masuk maupun keluar. Pengambilan konsentrasi laju ventilasi dilakukan dengan menggunakan alat *annemometer indoor* dilakukan pada waktu yang sama saat pengambilan sampel parameter yang lain, hasil konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 4.4.

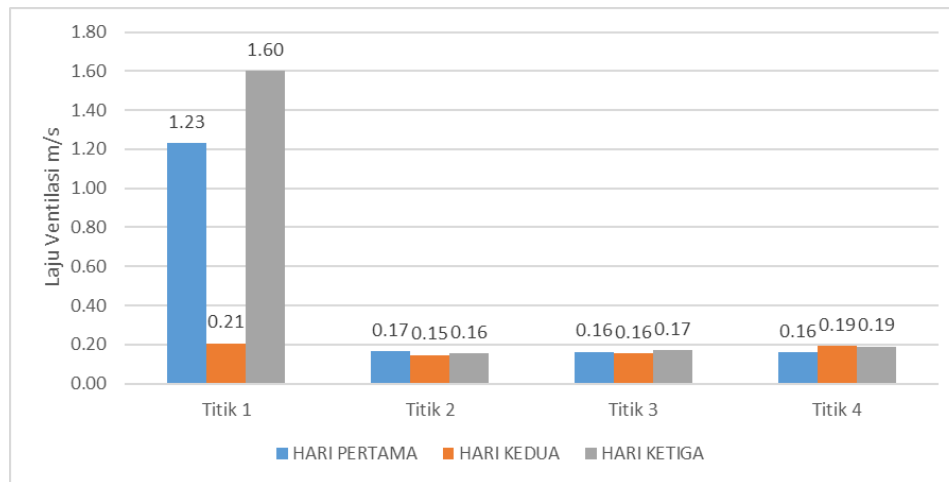


Gambar 4.5 Kondisi eksisting ventilasi alami

Tabel 4.4 Hasil rata-rata laju ventilasi di basemen Pasar Prawirotaman

Hari & Tanggal	Titik Sampel	Laju Ventilasi (m/detik)	Rata-Rata (m/detik)	NAB (m/detik)
Kamis, 4 Oktober 2023	1	1,23	0,43	0,15 - 0,25
	2	0,17		
	3	0,16		
	4	0,16		
Jumat, 12 Januari 2024	1	0,21	0,18	0,15 - 0,25
	2	0,15		
	3	0,16		
	4	0,19		
Selasa, 16 Januari 2024	1	1,60	0,53	0,15 - 0,25
	2	0,16		
	3	0,17		
	4	0,19		

Kondisi pada saat pengambilan sampel cerah. Berdasarkan Tabel 4.4 didapatkan hasil rata-rata laju ventilasi tertinggi yaitu 0,53 m/detik pada Selasa, 16 Januari 2024, kemudian pada Kamis, 4 Januari 2024 yaitu 0,43 m/detik dan Jumat, 12 Januari 2024 mendapatkan hasil yang sama yaitu 0,18 m/detik. Berdasarkan hasil ini laju ventilasi masih berada dibawah Nilai Ambang Batas (NAB).



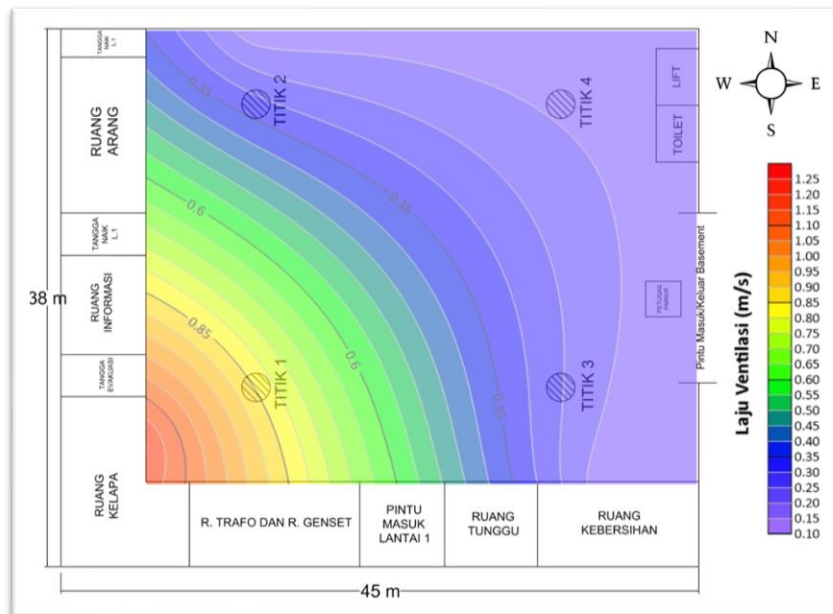
Gambar 4.6 Grafik rata – rata laju ventilasi pada basemen Pasar Prawirotaman

Berdasarkan Gambar 4.6 nilai laju ventilasi pada hari pertama dan ketiga mengalami kenaikan pada titik 1 yaitu dengan nilai pada adalah 1,23 m/detik , 1,60 m/detik akan tetapi pada hari kedua mengalami perubahan yang signifikan dengan nilai 0,21 m/detik. Titik 1 sendiri merupakan area bukaan untuk pengunjung masuk ke dalam Pasar Prawirotaman, tingginya nilai laju ventilasi dipengaruhi oleh faktor meteorologis yang mempengaruhi kecepatan angin itu sendiri, mengingat kecepatan angin bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah (Nurhayati, 2016). Sedangkan pada titik 2, titik 3 dan titik 4 memiliki nilai laju ventilasi yang cenderung stabil, sumber laju ventilasi pada titik ini berasal dari ventilasi alami di mana pada sisi dinding area basemen terdapat bukaan berukuran 30 cm sehingga ventilasi yang masuk dan keluar melalui area bukaan tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 4.5. Sehingga hasil rata-rata pengukuran laju ventilasi memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023.

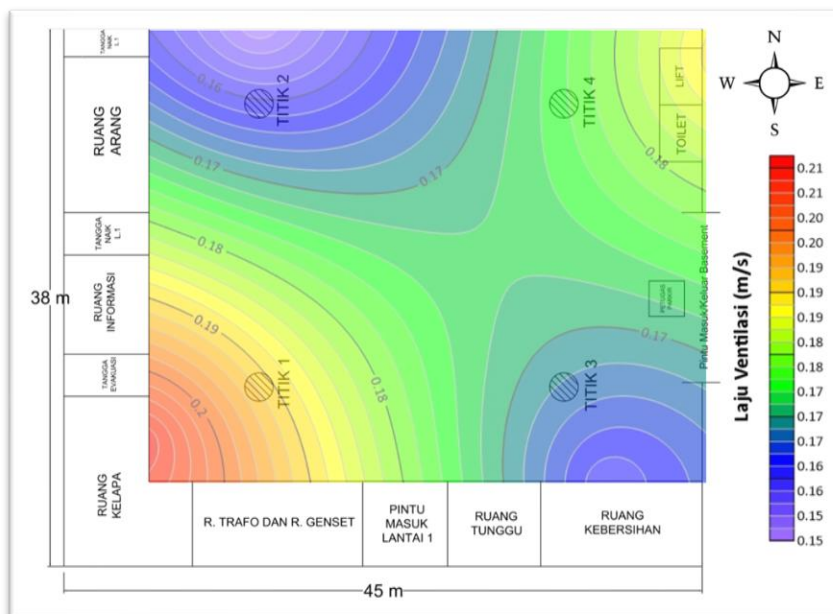
4.3.2 Sebaran Laju Ventilasi

Data hasil pengukuran laju ventilasi yang telah didapatkan kemudian dilakukan pemetaan untuk mengetahui persebarannya menggunakan software Surfer 15. Pemetaan dilakukan dengan melakukan *plotting* data koordinat seperti garis bujur sebagai sumbu x dan garis lintang sebagai sumbu y, dan data laju ventilasi sebagai sumbu z. Hasil persebaran laju ventilasi ini menggunakan data

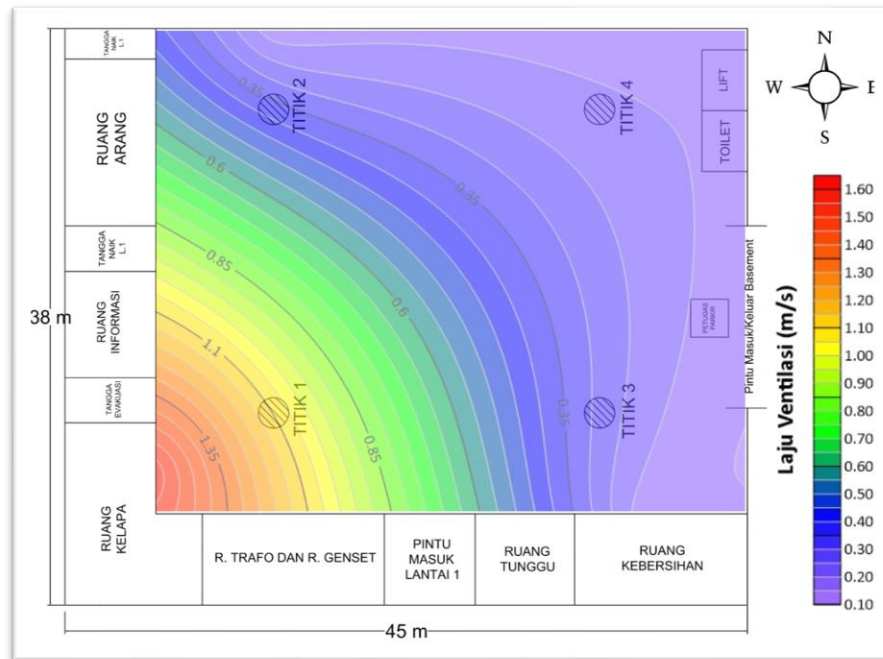
nilai rata-rata laju ventilasi pada tiap titiknya yang dapat dilihat pada Gambar 4.7, Gambar 4.8 dan Gambar 4.9.



Gambar 4.7 Peta persebaran laju ventilasi pada hari pertama



Gambar 4.8 Peta persebaran laju ventilasi pada hari kedua



Gambar 4.9 Peta persebaran laju ventilasi pada hari ketiga

Berdasarkan Gambar 4.7 titik 1 berada pada koordinat $7^{\circ}49'12''\text{LS}, 110^{\circ}22'05''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna merah. Pada skala warna, warna merah menunjukkan nilai pada rentang 0,9 – 1,25 m/detik. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.6, yaitu laju ventilasi yang dimiliki oleh titik 1 adalah 1,23 m/detik. Titik 2 berada pada koordinat $7^{\circ}49'11''\text{LS}, 110^{\circ}22'06''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna ungu. Pada skala warna, warna ungu menunjukkan nilai pada rentang 0,10 – 0,25 m/detik. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.6, yaitu laju ventilasi yang dimiliki oleh titik 2 adalah 0,16 m/detik. Titik 3 berada pada koordinat $7^{\circ}49'12''\text{LS}, 110^{\circ}22'06''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna ungu. Pada skala warna, warna ungu menunjukkan nilai pada rentang 0,10 – 0,25 m/detik. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.6, yaitu laju ventilasi yang dimiliki oleh titik 3 adalah 0,17 m/detik. Titik 4 berada pada koordinat $7^{\circ}49'11''\text{LS}, 110^{\circ}22'06''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna ungu. Pada skala warna, warna ungu menunjukkan nilai pada rentang 0,10 – 0,25 m/detik. Rentang warna yang dihasilkan dari peta

persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.6, yaitu laju ventilasi yang dimiliki oleh titik 4 adalah 0,17 m/detik.

Pada Gambar 4.8 titik 1 berada pada koordinat $7^{\circ}49'12''\text{LS}, 110^{\circ}22'05''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna oranye. Pada skala warna, warna oranye menunjukkan nilai pada rentang 0,19 – 0,21 m/detik. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.6, yaitu laju ventilasi yang dimiliki oleh titik 1 adalah 0,21 m/detik. Titik 2 berada pada koordinat $7^{\circ}49'11''\text{LS}, 110^{\circ}22'06''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna biru. Pada skala warna, warna biru menunjukkan nilai pada rentang 0,15 – 0,17 m/detik. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.6, yaitu laju ventilasi yang dimiliki oleh titik 2 adalah 0,15 m/detik. Titik 3 berada pada koordinat $7^{\circ}49'12''\text{LS}, 110^{\circ}22'06''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna biru. Pada skala warna, warna biru menunjukkan nilai pada rentang 0,15 – 0,17 m/detik. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.6, yaitu laju ventilasi yang dimiliki oleh titik 3 adalah 0,16 m/detik. Titik 4 berada pada koordinat $7^{\circ}49'11''\text{LS}, 110^{\circ}22'06''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna kuning. Pada skala warna, warna kuning menunjukkan nilai pada rentang 0,17 – 0,19 m/detik. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.6, yaitu laju ventilasi yang dimiliki oleh titik 4 adalah 0,19 m/detik.

Pada Gambar 4.9 titik 1 berada pada koordinat $7^{\circ}49'12''\text{LS}, 110^{\circ}22'05''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna oranye. Pada skala warna, warna oranye menunjukkan nilai pada rentang 0,9 – 1,25 m/detik. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.6 yaitu laju ventilasi yang dimiliki oleh titik 1 adalah 1,6 m/detik. Titik 2 berada pada koordinat $7^{\circ}49'11''\text{LS}, 110^{\circ}22'06''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna biru. Pada skala warna, warna biru menunjukkan nilai pada rentang 0,15 – 0,35 m/detik. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.6, yaitu laju ventilasi yang dimiliki oleh titik 2 adalah 0,16 m/detik. Titik 3 berada pada koordinat $7^{\circ}49'12''\text{LS}, 110^{\circ}22'06''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna

biru. Pada skala warna, warna biru menunjukkan nilai pada rentang 0,15 – 0,35 m/detik. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.6 yaitu laju ventilasi yang dimiliki oleh titik 3 adalah 0,17 m/detik. Titik 4 berada pada koordinat 7°49'11"LS,110°22'06"BT yang digambarkan dengan warna biru. Pada skala warna, warna biru menunjukkan nilai pada rentang 0,15 – 0,35 m/detik. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.6 yaitu laju ventilasi yang dimiliki oleh titik 4 adalah 0,19 m/detik.

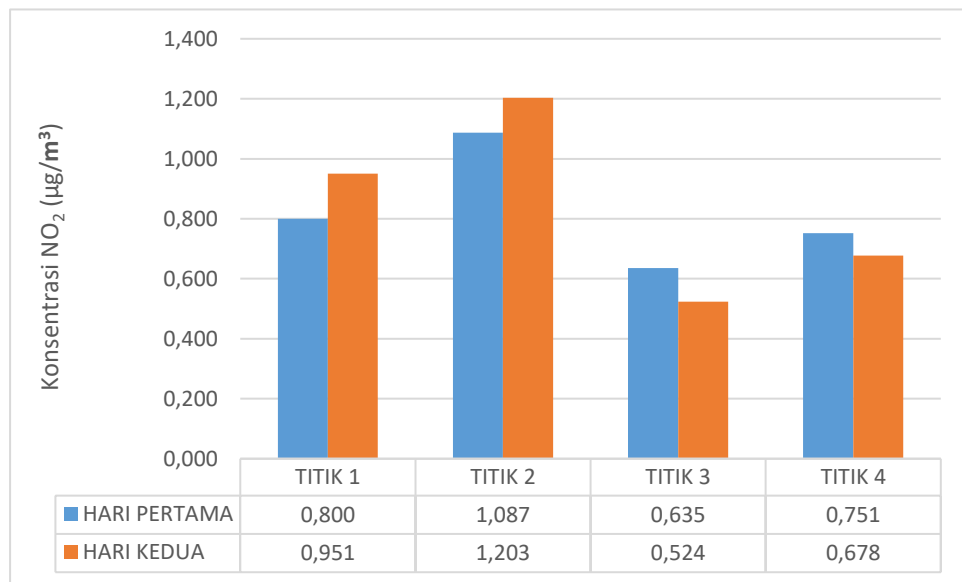
4.4 Analisis Hasil Pengukuran Konsentrasi NO₂

4.4.1 Hasil Pengukuran Konsentrasi NO₂

Pengukuran konsentrasi NO₂ diambil menggunakan alat berupa Impinger. Pengukuran konsentrasi NO₂ dilakukan selama satu jam pada tiap titiknya. Kemudian hasil pengukuran konsentrasi NO₂ dibaca menggunakan spektrofotometer dengan hasil akhir nilai absorbansi. Nilai absorbansi ini kemudian digunakan untuk menghitung volume contoh uji udara yang diambil dan konsentrasi NO₂ di udara, untuk contoh perhitungan dan hasil pengukuran konsentrasi NO₂ dapat dilihat pada Lampiran 3 kemudian disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.10 Hasil konsentrasi NO₂ dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil pengukuran konsentrasi NO₂ di basemen Pasar Prawirotaman

Hari Tanggal	Konsentrasi NO ₂ (µg/m ³)				Baku Mutu (µg/m ³)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	
12 Jan 2024	0,800	1,087	0,635	0,751	200
16 Jan 2024	0,951	1,203	0,524	0,678	200
Rata-Rata	0,875	1,145	0,580	0,714	200



Gambar 4.10 Grafik konsentrasi NO₂ di basemen Pasar Prawirotaman

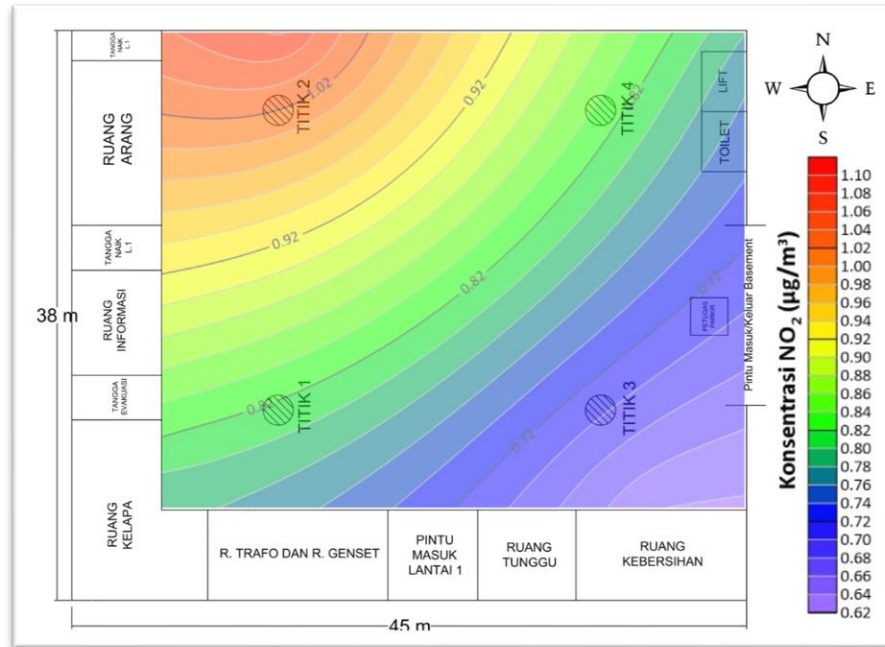
Berdasarkan Gambar 4.10 nilai konsentrasi NO₂ memiliki perbandingan antara hari pertama dan hari kedua. Pada hari pertama nilai pada titik 1 yaitu 0,800 µg/m³ titik 2 yaitu 1,087 µg/m³, titik 3 yaitu 0,635 µg/m³ dan titik 4 yaitu 0,751 µg/m³. Oleh karena itu konsentrasi NO₂ pada pengukuran hari pertama tertinggi terjadi di Titik 2 sedangkan nilai konsentrasi terendahnya berada di titik 3. Sedangkan pada hari kedua nilai pada titik 1 yaitu 0,951 µg/m³, titik 2 yaitu 1,203 µg/m³, titik 3 yaitu 0,524 µg/m³ dan titik 4 yaitu 0,678 µg/m³. Oleh karena itu konsentrasi NO₂ pada pengukuran hari kedua tertinggi terjadi di titik 2 sedangkan nilai konsentrasi terendahnya berada di Titik 3. Kedua nilai konsentrasi NO₂ yang dihasilkan pada hari pertama dan kedua cenderung memiliki nilai yang sama disetiap sesinya, tetapi terdapat kenaikan jika dibandingkan dengan pengukuran pertama khususnya pada titik 1 dan titik 2 yang dapat dilihat pada Gambar 4.10. Hal itu dikarenakan pada titik 1 dan 2 merupakan area padat kendaraan berparkir dan tidak adanya area bukaan, selain itu pada titik ini terdapat area perdagangan yang berada di basemen. Kemudian pada titik 3 dan 4 sendiri merupakan area yang memiliki bukaan cukup luas dikarenakan area tempat keluar masuk kendaraan dan pada titik ini tidak begitu padat kondisi kendaraan yang memarkirkan kendaraannya. Tingginya nilai konsentrasi NO₂ juga dipengaruhi jumlah volume kendaraan yang memasuki area basemen Pasar Prawirotaman. Seperti pada hari

pertama jumlah kendaraan yang parkir dalam tanah Pasar Prawirotaman sekitar 10 mobil dan 78 motor, sedangkan pada hari kedua jumlah kendaraan yang parkir dalam tanah Pasar Prawirotaman sekitar 18 mobil dan 85 motor, oleh karena itu pengambilan sampel NO₂ di hari kedua mengalami jumlah kendaraan yang begitu padat yang menyebabkan konsentrasi gas yang keluar dari kendaraan bermotorpun meningkat. Namun nilai konsentrasi NO₂ yang dihasilkan baik di hari pertama maupun di hari kedua berada dibawah baku mutu. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 standar baku mutu kesehatan lingkungan pada media udara dalam ruang untuk parameter NO₂ adalah 200 µg/m³ dengan waktu pengukuran 1 jam.

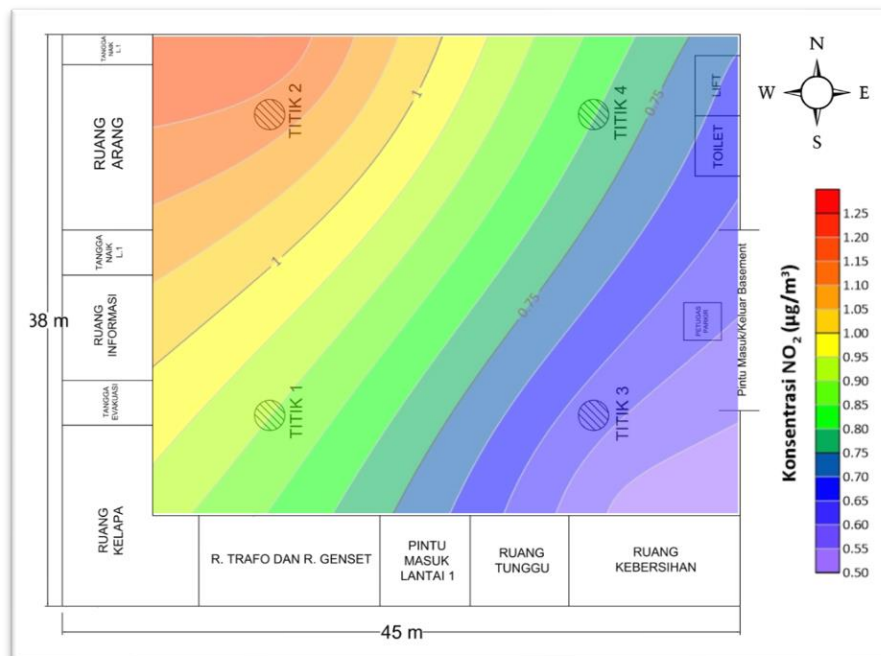
Kadar NO₂ yang dihasilkan pada kendaraan bermotor dapat mempengaruhi kesehatan pekerja. Pada penelitian Suyono (2014) nitrogen dioksida telah dikaitkan sebagai penyebab dari beberapa diagnosis yaitu penurunan ukuran dan fungsi paru-paru, peningkatan gejala pernapasan, asma, dan kematian. Menurut *Material Safety Data Sheet* konsentrasi nitrogen dioksida dapat menyebabkan berbagai efek yang berbahaya yaitu iritasi lendir, sinus, faring, respirasi tidak teratur, bahkan edema paru (Nitrogen dioxide MSDS, 2016).

4.4.2 Sebaran Konsentrasi NO₂

Data hasil pengukuran Konsentrasi NO₂ yang telah didapatkan kemudian dilakukan pemetaan untuk mengetahui persebarannya menggunakan software Surfer 15. Pemetaan dilakukan dengan melakukan *plotting* data koordinat seperti garis bujur sebagai sumbu x dan garis lintang sebagai sumbu y, dan data konsentrasi NO₂ sebagai sumbu z. Hasil persebaran konsentrasi NO₂ ini menggunakan data nilai rata-rata konsentrasi NO₂ pada tiap titiknya yang dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.



Gambar 4.11 Peta persebaran konsentrasi NO_2 pada hari pertama



Gambar 4.12 Peta persebaran konsentrasi NO_2 pada hari kedua

Berdasarkan Gambar 4.11 titik 1 berada pada koordinat $7^{\circ}49'12''\text{LS}, 110^{\circ}22'05''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna hijau. Pada skala warna, warna oranye menunjukkan nilai pada rentang $0,80 - 0,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.10, yaitu konsentrasi NO_2 yang dimiliki oleh titik 1 adalah $0,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Titik 2 berada pada koordinat $7^{\circ}49'11''\text{LS}, 110^{\circ}22'06''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna merah. Pada skala warna, warna merah menunjukkan nilai pada rentang $1,00 - 1,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.10, yaitu konsentrasi NO_2 yang dimiliki oleh titik 2 adalah $1,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Titik 3 berada pada koordinat $7^{\circ}49'12''\text{LS}, 110^{\circ}22'06''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna ungu. Pada skala warna, warna ungu menunjukkan nilai pada rentang $0,62 - 0,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.10, yaitu konsentrasi NO_2 yang dimiliki oleh titik 3 adalah $0,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Titik 4 berada pada koordinat $7^{\circ}49'11''\text{LS}, 110^{\circ}22'06''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna ungu. Pada skala warna, warna ungu menunjukkan nilai pada rentang $0,62 - 0,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.10, yaitu konsentrasi NO_2 yang dimiliki oleh titik 4 adalah $0,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pada gambar 4.12 titik 1 berada pada koordinat $7^{\circ}49'12''\text{LS}, 110^{\circ}22'05''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna hijau. Pada skala warna, warna hijau menunjukkan nilai pada rentang $0,75 - 0,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.10, yaitu konsentrasi NO_2 yang dimiliki oleh titik 1 adalah $0,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Titik 2 berada pada koordinat $7^{\circ}49'11''\text{LS}, 110^{\circ}22'06''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna merah. Pada skala warna, warna merah menunjukkan nilai pada rentang $1,00 - 1,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.10, yaitu konsentrasi NO_2 yang dimiliki oleh titik 2 adalah $1,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Titik 3 berada pada koordinat $7^{\circ}49'12''\text{LS}, 110^{\circ}22'06''\text{BT}$ yang digambarkan dengan warna ungu. Pada skala warna, warna ungu menunjukkan nilai pada rentang $0,50 - 0,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rentang warna yang dihasilkan dari peta

persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.10, yaitu konsentrasi NO_2 yang dimiliki oleh titik 3 adalah $0,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Titik 4 berada pada koordinat $7^\circ 49' 11'' \text{LS}, 110^\circ 22' 06'' \text{BT}$ yang digambarkan dengan warna ungu. Pada skala warna, warna ungu menunjukkan nilai pada rentang $0,50 - 0,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.10, yaitu konsentrasi NO_2 yang dimiliki oleh titik 4 adalah $0,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

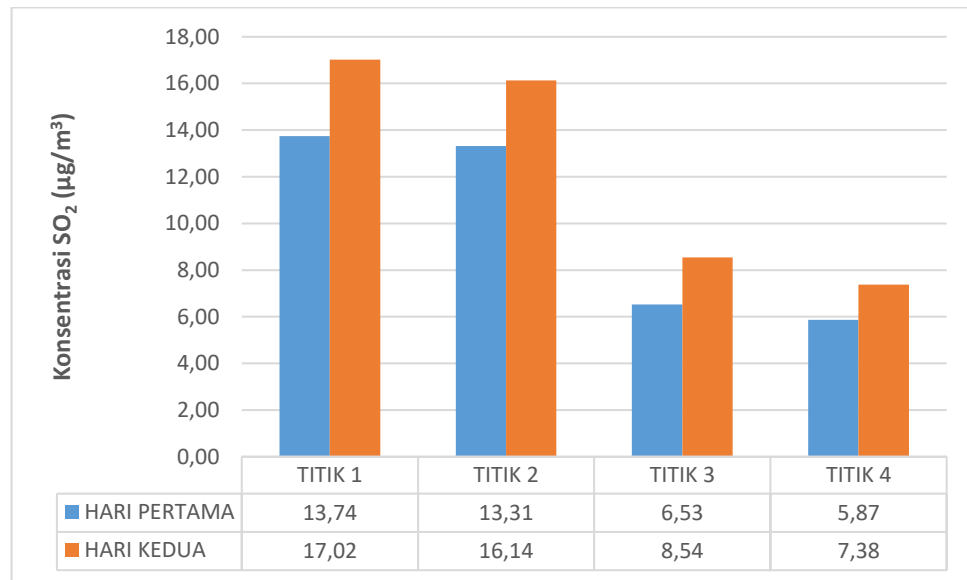
4.5 Analisis Hasil Pengukuran Konsentrasi SO_2

4.5.1 Hasil Pengukuran Konsentrasi SO_2

Pengukuran konsentrasi SO_2 diambil menggunakan alat berupa Impinger. Pengukuran konsentrasi SO_2 dilakukan selama satu jam pada tiap titiknya. Kemudian hasil pengukuran konsentrasi SO_2 dibaca menggunakan spektrofotometer dengan hasil akhir nilai absorbansi. Nilai absorbansi ini kemudian digunakan untuk menghitung volume contoh uji udara yang diambil dan konsentrasi SO_2 di udara, untuk contoh perhitungan dan hasil pengukuran konsentrasi SO_2 dapat dilihat pada Lampiran 4, kemudian disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan hasil konsentrasi SO_2 dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil pengukuran konsentrasi SO_2 di basemen Pasar Prawirotaman

Hari Tanggal	Konsentrasi SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				Baku Mutu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	
12 Jan 2024	13,74	13,31	6,53	5,87	500
16 Jan 2024	17,02	16,14	8,54	7,38	500
Rata-Rata	15,38	14,73	7,54	6,63	500



Gambar 4.13 Grafik konsentrasi SO₂ di basemen Pasar Prawirotaman

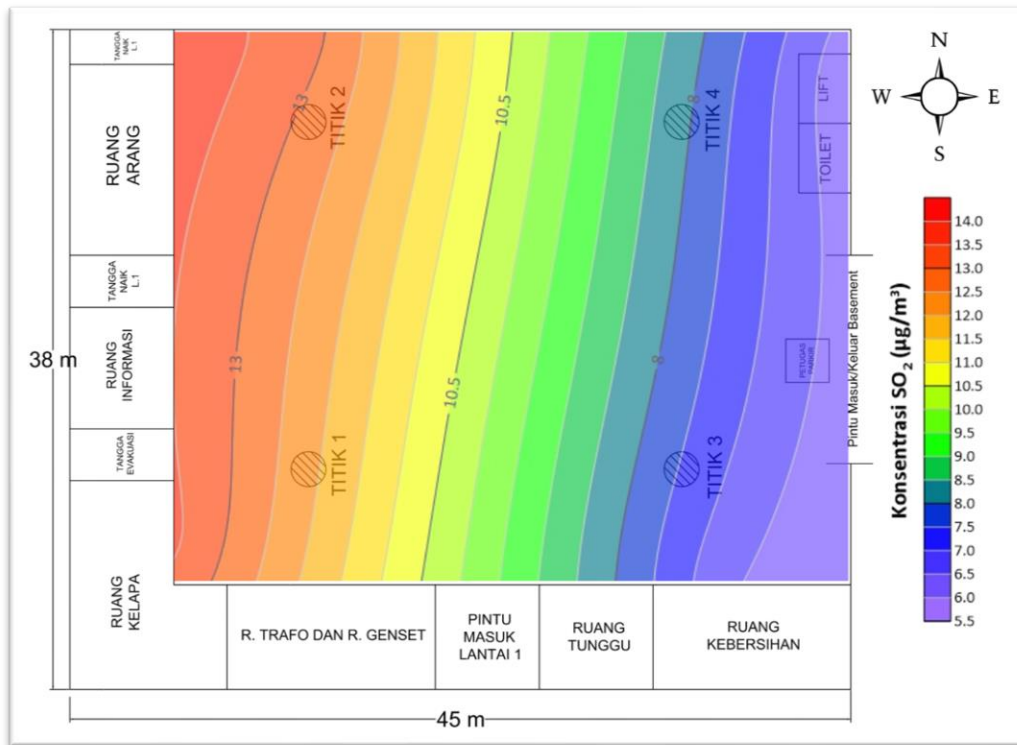
Berdasarkan Gambar 4.13 nilai konsentrasi SO₂ merupakan grafik perbandingan antara hari pertama dan hari kedua dimana mengalami nilai yang meningkat pada hari kedua. Pada hari pertama nilai pada titik 1 yaitu 13,74 µg/m³, Titik 2 yaitu 13,31 µg/m³, Titik 3 yaitu 6,53 dan Titik 4 yaitu 5,87 µg/m³. Oleh karena itu konsentrasi SO₂ pada pengukuran hari pertama tertinggi terjadi di Titik 1 sedangkan nilai konsentrasi terendahnya berada di Titik 4. Sedangkan pada hari kedua nilai pada titik 1 yaitu 17,02 µg/m³, Titik 2 yaitu 16,14 µg/m³, Titik 3 yaitu 8,54 dan Titik 4 yaitu 7,38 µg/m³. Oleh karena itu konsentrasi SO₂ pada pengukuran hari kedua tertinggi terjadi di Titik 1 sedangkan nilai konsentrasi terendahnya berada di Titik 4. Kedua nilai konsentrasi SO₂ yang dihasilkan pada hari pertama dan kedua cenderung menurun yang dapat dilihat pada Gambar 4.13. Hal itu dikarenakan pada titik 1 dan 2 merupakan area padat kendaraan berparkir dan tidak adanya area bukaan yang cukup luas sehingga mengakibatkan kumpulnya kontaminan, selain itu pada titik ini terdapat area perdagangan yang berada di basemen. Kemudian pada titik 3 dan 4 sendiri merupakan area yang memiliki bukaan cukup luas dikarenakan area tempat keluar masuk kendaraan sehingga dengan bukaan yang cukup luas menurunkan konsentrasi polutan dengan terjadinya pencampuran dengan udara bersih (Utama, 2019), selain itu titik ini tidak begitu padat kondisi kendaraan yang memarkirkan kendaraannya. Kemudian tinggi

rendahnya nilai konsentrasi SO_2 juga dipengaruhi jumlah volume kendaraan yang memasuki area basemen Pasar Prawirotaman. Seperti pada hari pertama jumlah kendaraan yang parkir dalam tanah Pasar Prawirotaman sekitar 10 mobil dan 78 motor, sedangkan pada hari kedua jumlah kendaraan yang parkir dalam tanah Pasar Prawirotaman sekitar 18 mobil dan 85 motor. Oleh karena itu pada pengambilan sampel SO_2 di hari kedua mengalami jumlah kendaraan yang begitu padat yang menyebabkan konsentrasi gas yang keluar dari kendaraan bermotorpun meningkat. Sehingga nilai konsentrasi SO_2 pada hari pertama lebih rendah dibanding dengan hari kedua. Namun, nilai konsentrasi SO_2 yang dihasilkan baik di hari pertama maupun di hari kedua, menghasilkan nilai jauh dibawah baku mutu. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 dengan standar baku mutu kesehatan lingkungan pada media udara dalam ruang untuk parameter SO_2 adalah $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan waktu pengukuran 1 jam.

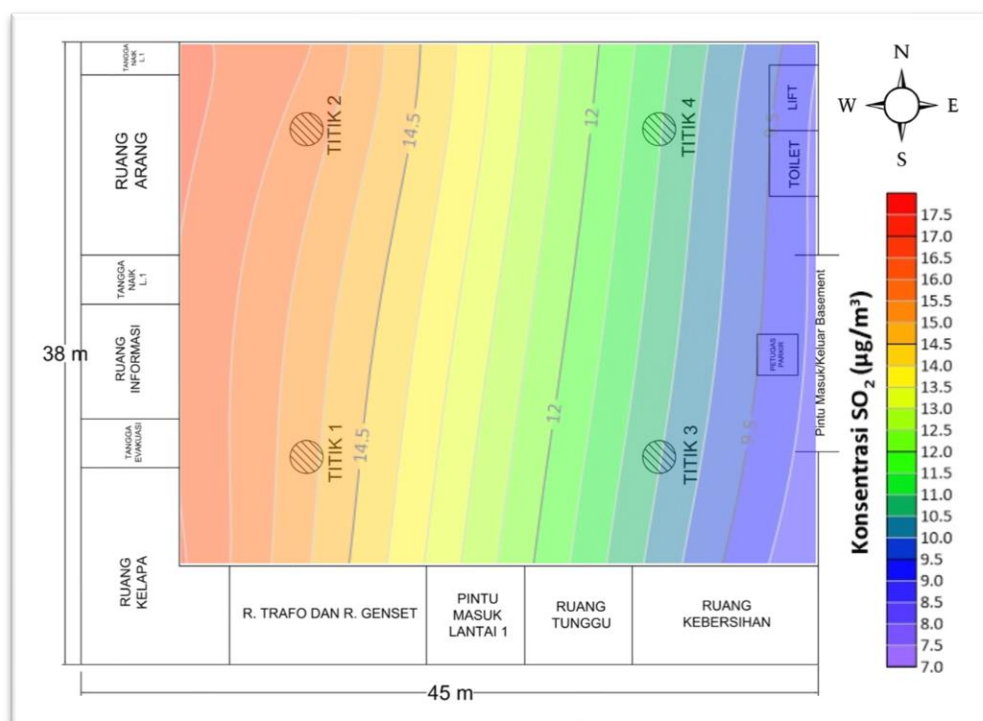
Kadar SO_2 yang dihasilkan pada kendaraan bermotor dapat mempengaruhi kesehatan pekerja. Menurut *Material Safety Data Sheet* konsentrasi sulfur dioksida telah dikaitkan sebagai penyebab dari beberapa diagnosis yaitu penurunan iritasi mata, hidung, tenggorokan, sinus, edema paru bahkan berujung pada kematian. Gas pencemar tersebut memberikan dampak negatif terutama pada saluran pernapasan sebab masuk melalui proses inhalasi (Sulfur dioxide MSDS, 2016).

4.5.2 Sebaran Konsentrasi SO_2

Data hasil pengukuran Konsentrasi SO_2 yang telah didapatkan kemudian dilakukan pemetaan untuk mengetahui persebarannya menggunakan software Surfer 15. Pemetaan dilakukan dengan melakukan *plotting* data koordinat seperti garis bujur sebagai sumbu x dan garis lintang sebagai sumbu y, dan data konsentrasi SO_2 sebagai sumbu z. Hasil persebaran konsentrasi SO_2 ini menggunakan data nilai rata-rata konsentrasi SO_2 pada tiap titiknya yang dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15.



Gambar 4.14 Peta persebaran konsentrasi SO_2 pada hari pertama



Gambar 4.15 Peta persebaran konsentrasi SO_2 pada hari kedua

Berdasarkan Gambar 4.14 titik 1 berada pada koordinat 7°49'12,0"LS,110°22'06,1"BT yang digambarkan dengan warna merah. Pada skala warna, warna merah menunjukkan nilai pada rentang 11,0 – 14,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.13, yaitu konsentrasi SO_2 yang dimiliki oleh titik 1 adalah 13,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Titik 2 berada pada koordinat 7°49'11"LS,110°22'06"BT yang digambarkan dengan warna merah. Pada skala warna, warna merah menunjukkan nilai pada rentang 11,0 – 14,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.13, yaitu konsentrasi SO_2 yang dimiliki oleh titik 2 adalah 13,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Titik 3 berada pada koordinat 7°49'12"LS,110°22'06"BT yang digambarkan dengan warna ungu. Pada skala warna, warna ungu menunjukkan nilai pada rentang 5,5 – 7,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.13, yaitu konsentrasi SO_2 yang dimiliki oleh titik 3 adalah 6,53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Titik 4 berada pada koordinat 7°49'11"LS,110°22'06"BT yang digambarkan dengan warna ungu. Pada skala warna, warna ungu menunjukkan nilai pada rentang 5,5 – 7,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.13, yaitu konsentrasi SO_2 yang dimiliki oleh titik 4 adalah 5,87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pada gambar 4.15 titik 1 berada pada koordinat 7°49'12,0"LS,110°22'06,1"BT yang digambarkan dengan warna merah. Pada skala warna, warna merah menunjukkan nilai pada rentang 15,0 – 17,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.13, yaitu konsentrasi SO_2 yang dimiliki oleh titik 1 adalah 17,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Titik 2 berada pada koordinat 7°49'11"LS,110°22'06"BT yang digambarkan dengan warna merah. Pada skala warna, warna merah menunjukkan nilai pada rentang 15,0 – 17,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.13, yaitu konsentrasi SO_2 yang dimiliki oleh titik 2 adalah 16,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Titik 3 berada pada koordinat 7°49'12"LS,110°22'06"BT yang digambarkan dengan warna ungu. Pada skala warna, warna ungu menunjukkan nilai pada rentang 7,0 – 9,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Rentang

warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.13, yaitu konsentrasi SO_2 yang dimiliki oleh titik 3 adalah $8,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Titik 4 berada pada koordinat $7^\circ 49' 11'' \text{LS}, 110^\circ 22' 06'' \text{BT}$ yang digambarkan dengan warna ungu. Pada skala warna, warna ungu menunjukkan nilai pada rentang $7,0 - 9,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rentang warna yang dihasilkan dari peta persebaran ini sesuai dengan grafik hasil pengukuran pada Gambar 4.13, yaitu konsentrasi SO_2 yang dimiliki oleh titik 4 adalah $7,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan pada basemen Pasar Prawirotaman, dikarenakan pasar ini merupakan salah satu pasar besar dan mempunyai area parkir bawah tanah. Penelitian ini memberikan hasil yang dapat disimpulkan :

1. Area basemen Pasar Prawirotaman menghasilkan rata-rata pencahayaan umum 91 lux. Hasil tersebut menunjukkan memenuhi baku mutu yang memiliki nilai minimum yaitu 20 lux. Kemudian untuk rata-rata konsentrasi laju ventilasi tertinggi dihasilkan pada titik 1 dihari pertama yaitu sebesar 1,23 m/detik. Hasil tersebut jauh dibawah baku mutu yaitu sebesar 0,15-0,25 m/detik. Lalu untuk rata-rata konsentrasi untuk parameter kimia (NO_2) tertinggi dihasilkan pada titik 2 yaitu sebesar 1,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, hasil tersebut tidak melebihi baku mutu. Kemudian untuk rata-rata konsentrasi untuk parameter kimia (SO_2) tertinggi dihasilkan pada titik 1 yaitu sebesar 15,38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, hasil tersebut tidak melebihi baku mutu.
2. Peta persebaran laju ventilasi, konsentrasi nitrogen dioksida (NO_2), dan sulfur dioksida (SO_2) pada area parkir bawah tanah pasar prawirotdaman dibuat menggunakan software yaitu Surfer 15. Berdasarkan peta yang telah dibuat, rata-rata nilai laju ventilasi tertinggi dihasilkan pada titik 1 yang ditandai warna merah. Pada skala warna warna merah mengartikan bahwa laju ventilasi berada dalam rentang 0,9 – 1,25 m/detik. Kemudian untuk rata-rata nilai konsentrasi NO_2 tertinggi dihasilkan pada titik 2 yang ditandai warna merah. Warna merah pada skala warna menandakan bahwa konsentrasi NO_2 berada dalam rentang 1,00 – 1,10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan untuk rata-rata nilai konsentrasi SO_2 tertinggi dihasilkan pada titik 1 yang ditandai warna merah. Warna merah pada skala warna menandakan bahwa konsentrasi SO_2 berada dalam rentang 15,0 – 17,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Semua peta persebaran yang dihasilkan sudah sesuai dengan hasil perhitungan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini penulis memberikan saran seperti dalam uraian berikut :

1. Apabila ingin mengambil topik yang sama dapat melakukannya ditempat indoor lainnya seperti basemen rumah sakit.
2. Memberikan batasan area pada titik samplingnya agar mengetahui perbandingan seperti jumlah kendaraan pada tiap titik.
3. Melakukan pengecekan kualitas udara per semester guna *controlling* dan menjaga kualitas udara yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus. 2007. *Analisa Pencemaran dan Pengendalian Pencemaran*. Medan: USU Press
- Amalia, S. (2022). *Analisis Sulfur Dioksida (SO₂) Udara Ambient Menggunakan Metode Pararosanilin dengan Spektrofotometer UV-Visible Kabupaten Bandung, Jawa Barat*. Gunung Djati Conference Series, 15(2774–6585), 11–15.
- Apicillya, A., Rontos, P., Maddusa, S., Sondakh, R. C., Kesehatan, F., Universitas, M., & Ratulangi, S. (2018). *Nomor 4 Analisis Kadar Karbon Monoksida (Co) Di Area Parkir Basement Jumbo Swalayan Kota Manado Tahun 2018*. In *Jurnal KESMAS* (Vol. 7).
- Arsana, I. M. J., Redi Aryanta, I. W., & Sudana, I. B. (2015). *Kajian Kualitas Lingkungan Kerja Dan Penerapan Standar Operasional Prosedur Bengkel Servis Kendaraan Terhadap Kesehatan Pekerja Mekanik Sepeda Motor Di Kota Denpasar*. *ECOTROPHIC : Jurnal Ilmu Lingkungan* (Journal of Environmental Science), 9(2), 64.
- Astuti, S. K. (2010). *Analisis Pembebanan Pencemaran Udara Akibat Emisi Kendaraan Bermotor Pada Parkir Basement (Studi Kasus: Mall X)*. 83.
- ASHRAE Standard. 2007, *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*, Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engginers, Inc.
- Badan Standardisasi Nasional. SNI 7119.2-2017. *Udara Ambien-Bagian 2: Cara Uji Kadar Nitrogen Dioksida (NO₂) dengan Metode Griess Saltzman menggunakan Spektrofotometer*. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional; 2017.
- Badan Standardisasi Nasional. SNI 7119.7-2017. *Udara Ambien-Bagian 7: Cara Uji Kadar Sulfur Dioksida (SO₂) dengan Metode Pararosanilin menggunakan spektrofotometer*. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional; 2017.

- Badan Standarisasi Nasional. (2001). Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung. Sni 03 - 6572 - 2001, 1–55
- Boedisantoso, R., Ciptaningayu, T. N., Syafei, A. D., Assomadi, A. F., Slamet, A., & Hermana, J. (2019). Reduction of CO, NO_x and SO₂ emissions from the transfer of private vehicles to public transportation: A case study of Surabaya. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 239(1), 1–8.
- Budiyanto, E. 2005. *Pemetaan Kontur dan Pemodelan Spasial 3 Dimensi Menggunakan Surfer, Andi Offset*. Yogyakarta.
- Candrasari, C. R., & Mukono, J. (2013). Hubungan kualitas udara dalam ruang dengan keluhan penghuni lembaga pemasyarakatan kelas iia kabupaten sidoarjo. Kesehatan Lingkungan, 7(1), 21–25.
- Darmanijati, M. R. S., Valentine, K., Axealevy, O., Warsiyah, W., & Setyanto, K. (2022). KONSENTRASI GAS SO_x DAN NO_x DI UDARA DALAM RUANG PARKIR BASEMENT LIPPO PLAZA MALL YOGYAKARTA. Jurnal Rekayasa Lingkungan, 22(1), 16–23.
- Fauzan, A., & Setyawan, A. (2022). *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung*. Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung, 13-14 Juli 2022.
- Fauziah, D. A., Rahardjo, M., Astorina, N., & Dewanti, Y. (2017). Analisis Tingkat Pencemaran Udara Di Terminal Kota Semarang. Jurnal Kesehatan Masyarakat, 5(5), 561–570.
- Fitriani, A. N., Dewi, K., & Tursilowati, L. (2019). Identification of urban heat island spreading to concentration of NO₂, O₃, and PM₁₀ pollutant in DKI Jakarta. Journal of Urban and Environmental Engineering, 13(1), 125–133.
- Godish, T. (1997). Air Quality. New York: Academic Press.

- Handoko, E. (2020). Analisis Dampak Nitrogen Dioksida di Kota Yogyakarta. *Teknik Sipil*, 2, 1–86.
- Handayani, Dwi; dkk. (2013). *Analisis Pencahayaan Ruang Kerja: Studi Kasus Pada Usaha Kecil Mikro dan Menengah (UMKM) Batik Tulis di Yogyakarta*. *Dinamika Rekayasa* Vol. 9 No. 1 Februari 2013
- Hasan, N., Fattah, I., & Risna. (2020). Analisis pencemaran udara akibat Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. *Madani Legal Review*, 4(2), 108–123.
- Herlina, S., Tongkukut, J., & Ari, A. ". (n.d.). *Analisis Tingkat Pencahayaan Ruang Kuliah Dengan Memanfaatkan Pencahayaan Alami Dan Pencahayaan Buatan* klorofil Pada Beberapa Varietas Tanaman eum.
- Ibrahim, Z., Boekoesoe, L., & Lalu, N. A. S. (2022). Identifikasi Kualitas Udara Ambien Disekitar Wilayah Kota Gorontalo Identification of Ambient Air Quality Around the City of Gorontalo. 1(1), 24–33.
- Ilaibi Hussein. (2019). *Preliminary Training Course in Surfer Application in Contouring Mapping*. Universitas Teknologi.
- Irianto, Chairul. H. 2006. Studi Optimasi Sistem Pencahayaan Ruang Kuliah Dengan Memanfaatkan Cahaya Alam, *JETri* Vol. 5 NO. 2 Feb 2006, Hal 1-20.
- Niko Abdilah. (2009). Kajian Ulang Sistem Ventilasi Pada Underground Car Park Gedung Perkantoran Menggunakan Program Flovent. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Kurniawan, A. (2018). Pengukuran Parameter Kualitas Udara (Co, No₂, So₂, O₃ Dan Pm₁₀) Di Bukit Kototabang Berbasis Ispu. *Jurnal Teknosains*, 7(1), 1.
- Lange, K., Richter, A., & Burrows, J. P. (2022). Variability of nitrogen oxide emission fluxes and lifetimes estimated from Sentinel-5P TROPOMI observations. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 22(4), 2745–2767. <https://doi.org/10.5194/acp-22-2745-2022>

- Liu, F., Tao, Z., Beirle, S., Joiner, J., Yoshida, Y., Smith, S. J., Knowland, K. E., & Wagner, T. (2022). A new method for inferring city emissions and lifetimes of nitrogen oxides from high-resolution nitrogen dioxide observations: A model study. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 22(2), 1333–1349.
- Lonsdale, C. R., & Sun, K. (2023). Nitrogen oxides emissions from selected cities in North America , Europe , and East Asia observed by TROPOMI before and after the COVID-19 pandemic. 2, 1–30.
- McDermott, J Henry. Handboook of Ventilation For Contaminant Control. Second Edition.
- Megalina, Y. (2015). Pengaruh Pencemaran Udara di Daerah Terminal Amplas Bagi Kehidupan Masyarakat. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 21(79), 94–101.
- Muziansyah, Devianti dkk. (2015). *Model Emisi Gas Buangan Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasusn Terminal Pasar Bawah Ramayana Koita Bandar Lampung)*. Jurnal Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung, Edisi Maret 2015 Vol. 3, No. 1, Hal : 57 - 70 (ISSN: 2303-0011). Bandar Lampung : Indonesia.
- Nurhayati. 2016. *Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Evapotranspirasi Berdasarkan Metode Penman Di Kebun Stroberi Purbalingga*. *Journal of Islamic Science and Technology*, 2(1), 21-28.
- Sandi, A. M., & I.W, H. R. (2018). *Studi Kadar Co, So2. No2 Pada Ruang Tunggu Penumpang Di Terminal Bus Bulupitu Purwokerto Tahun 2017*. *Buletin Keslingmas*, 37(2), 199–203.
- Sahipul Ernada, dkk. (2023). *Pengukuran dan Evaluasi Ventilasi Udara Berdasarkan SNI Pada Laboratorium Motor Bakar Instansi Pendidikan di Surabaya*. *Journal of Students Research*. Vol.1, No. 4 Juli 2023. Hal. 90-103.
- Shine, S., & Journal, M. (2021). *QUALITY ANALYSIS OF SO 2 AND NO 2 GAS*. 1(2), 30–36.

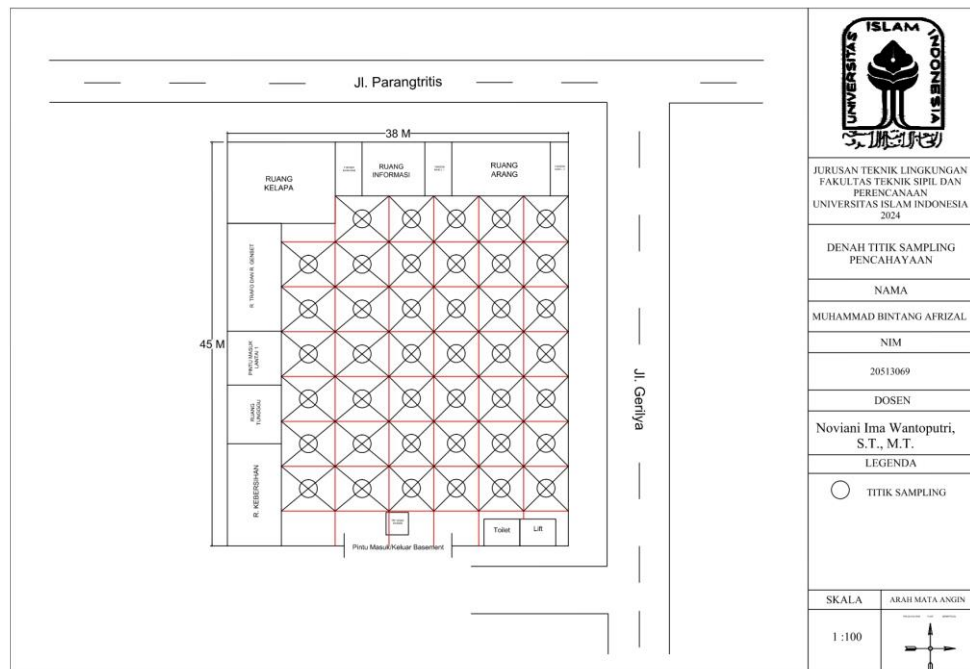
- Singh, L. P., Gill, S. S., Gill, R., & Tuteja, N. (2012). *Mechanism of Sulfur Dioxide Toxicity and Tolerance in Crop Plants*. In Improving Crop Resistance to Abiotic Stress (First Edit, pp. 133–163)
- Sihayuardhi Reezqiana, E. (2021). *Pemetaan Sebaran Kualitas Udara Ambien Kawasan Perkotaan Yogyakarta Dengan Parameter So₂, Co Dan No₂ Metode Inverse Distance Weighting (Idw)*. 2, 109.
- Slezakova, K., Morais, S., Pereira, & Carmo, M. d. (2012). *Indoor Air Pollutants: Relevant Aspects and Health Impacts*. Environmental Health – Emerging Issues and Practice, 125-146.
- Sri Widayati, dkk. (2010). *Penerapan Program Aplikasi Surfer di Bidang Pertambangan*. Vol. XXVI, No.1. Hal. 43-58.
- Sunarsih, E., Suheryanto, Septiawati, D., Andarini, D., & Garmini, R. (2019). *Risk model of exposure to air pollution (No₂, So₂, TSP and dust) on pulmon function in traffic police in Palembang city*. International Journal of Recent Technology and Engineering, 8(2 Special Issue 9), 51–56.
- Suyono. (2014). *Pencemaran Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Tiarani, Velida Lustria. Sutrisno, Endro. Huboyo, Haryono Setyo. 2016. *Kajian Beban Emisi Pencemaran Udara (TSP, NO_x, SO₂, HC, CO) dan Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, N₂O) Sektor Transportasi Darat Kota Yogyakarta dengan Metode Tier 1 dan Tier 2*. Jurnal Teknik Lingkungan. 5(1).
- Wardhana, A.W, 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Edisi Revisi. Penerbit Andi Offset: Yogyakarta
- Zulaiha, L., Rahmawati, A., Hartanto, T., Pratiwi, A. S., Tiaraningrum, F. H., Danah Zulfani, S., Jabbar, A., & Ridho Fariz, T. (2022). *PERBANDINGAN KUALITAS UDARA DALAM RUANG GEDUNG D1 FMIPA BERDASARKAN ARAH SINAR MATAHARI*. Universitas Negeri Semarang.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengukuran Pencahayaan Umum

Nama : Muhammad Bintang Afrizal
 Lokasi Pengukuran : Pasar Prawirotaman
 Tanggal Pengukuran : Kamis, 4 Januari 2024
 Nama Alat : Lux meter
 Jenis Pengukuran : Pencahayaan Umum

- Denah Pengukuran Pencahayaan Umum



***CATATAN** Jumlah titik pengukuran disesuaikan dengan luas lokasi ukur

Titik	Hasil Pengukuran (lux)			Rerata	Keterangan (dapat diisi dengan kondisi lampu, cuaca, dll)
	I	II	III		
1	36	37	35	36	
2	40	42	42	41	
3	39	40	42	40	
4	49	50	51	50	

5	100	98	99	99	
6	56	58	57	57	
7	65	66	67	66	
8	37	36	36	36	
9	66	65	68	66	
10	50	49	51	50	
11	29	30	29	29	Kondisi Lampu Mati
12	46	45	44	45	
13	62	60	61	61	
14	56	55	54	55	
15	48	49	50	49	
16	49	48	48	48	
17	50	51	50	50	
18	26	25	27	26	
19	48	49	49	49	
20	65	66	66	66	
21	52	51	52	52	
22	46	47	47	47	
23	53	52	54	53	
24	52	50	51	51	
25	40	39	40	40	
26	52	53	53	53	
27	58	58	57	58	
28	49	50	51	50	
29	27	28	28	28	
30	54	52	50	52	
31	135	140	142	139	
32	520	541	530	233	Cahaya matahari masuk
33	597	630	623	280	Cahaya matahari masuk

34	146	150	152	149	
35	100	120	125	115	
36	60	61	65	62	
37	77	79	82	79	
38	267	278	279	275	Cahaya matahari masuk
39	3500	3520	3540	315	Dekat dengan cahaya matahari masuk
40	756	760	758	300	Cahaya matahari masuk
41	1100	1092	1099	289	Cahaya matahari masuk
Rata-rata intensitas pencahayaan umum				91	

CATATAN Setiap titik dilakukan minimum 3 kali dan lampirkan denah area kerja dan cantumkan titik sampling.

Catatan-catatan saat pengukuran:

Lampiran 2 Hasil Pengukuran Laju Ventilasi

4 Januari 2024					
PENGUKURAN LAJU VENTILASI					
Titik	Hasil Pengukuran			Rata - Rata	BAKU MUTU
	1	2	3		
1	0.1	1.9	1.7	1.23	0.15-0.25
2	0.16	0.15	0.16	0.16	0.15-0.25
3	0.17	0.17	0.18	0.17	0.15-0.25
4	0.17	0.17	0.16	0.17	0.15-0.25

12 Januari 2024					
PENGUKURAN LAJU VENTILASI					
Titik	Hasil Pengukuran			Rata - Rata	BAKU MUTU
	1	2	3		
1	0.21	0.18	0.23	0.21	0.15-0.25
2	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15-0.25
3	0.15	0.16	0.16	0.16	0.15-0.25
4	0.17	0.22	0.19	0.19	0.15-0.25

16 Januari 2024					
PENGUKURAN LAJU VENTILASI					
Titik	Hasil Pengukuran			Rata - Rata	BAKU MUTU
	1	2	3		
1	1.3	1.8	1.7	1.60	0.15-0.25
2	0.16	0.15	0.16	0.16	0.15-0.25
3	0.17	0.17	0.18	0.17	0.15-0.25
4	0.17	0.19	0.21	0.19	0.15-0.25

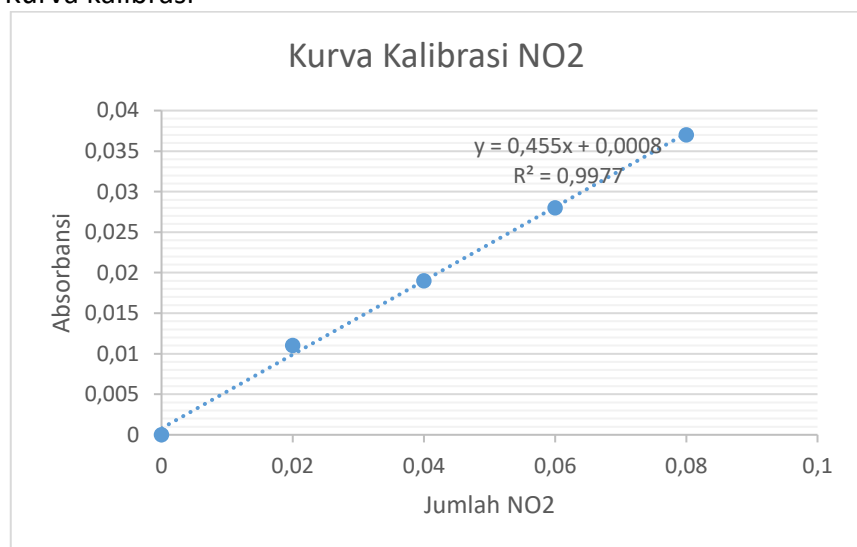
Lampiran 3 Perhitungan Konsentrasi NO₂

Contoh perhitungan konsentrasi NO₂ dititik 1 pada hari pertama

- Perhitungan kurva kalibrasi

No	Kode	C std (µg)	Abs
1	Blanko	0	0
2	Std-1	0.02	0.011
3	Std-2	0.04	0.019
4	Std-3	0.06	0.028
5	Std-4	0.08	0.037

- Kurva kalibrasi



- Perhitungan volume udara yang diambil

Diketahui :

$$Q_1 = 0,4 \text{ L/menit}$$

$$Q_2 = 0,4 \text{ L/menit}$$

$$n = 2$$

$$t = 60 \text{ menit}$$

$$P_a = 748,1 \text{ mmHg}$$

$$T_a = 302,05 \text{ K}$$

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \times t \times \frac{P_a}{T_a} \times \frac{K}{760}$$

$$V = \frac{0,4+0,4}{2} \times 60 \times \frac{748,1}{302,05} \times \frac{298}{760}$$

$$V = 23,30 \text{ L}$$

- Perhitungan jumlah NO₂ dari Contoh uji hasil Perhitungan Kurva Kalibrasi

Diketahui : nilai absorbansi = 0,022

$$b = \frac{\text{nilai absorbansi} - \text{nilai kurva kalibrasi (a)}}{\text{nilai kurva kalibrasi (b)}}$$

$$b = \frac{0,022 - 0,0008}{0,455}$$

$$b = 0,046 \mu\text{g}$$

Perhitungan Konsentrasi NO₂ di udara dalam ruang

$$C = \frac{b}{V_v} \times \frac{V_1}{25} \times 1.000$$

$$C = \frac{0,046}{23,30} \times \frac{10}{25} \times 1.000$$

$$C = 0,799 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

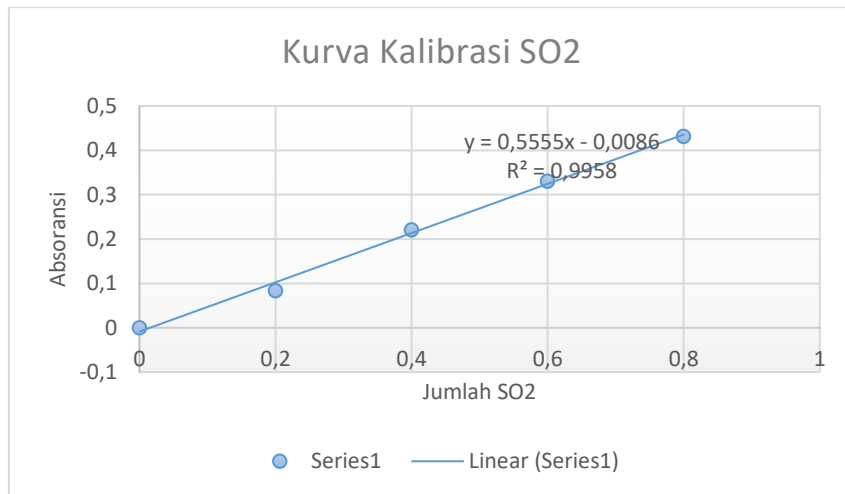
Lampiran 4 Perhitungan Konsentrasi SO₂

Contoh perhitungan konsentrasi SO₂ dititik 1 pada hari pertama

- Perhitungan kurva kalibrasi

No	Kode	C std (µg)	Abs
1	Blanko	0	0
2	Std-1	0.02	0.011
3	Std-2	0.04	0.019
4	Std-3	0.06	0.028
5	Std-4	0.08	0.037

- Kurva kalibrasi



- Perhitungan volume udara yang diambil

Diketahui :

$$Q_1 = 0,5 \text{ L/menit}$$

$$Q_2 = 0,5 \text{ L/menit}$$

$$n = 2$$

$$t = 60 \text{ menit}$$

$$P_a = 747,6 \text{ mmHg}$$

$$T_a = 302,05 \text{ K}$$

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \times t \times \frac{P_a}{T_a} \times \frac{K}{760}$$

$$V = \frac{0,5+0,5}{2} \times 60 \times \frac{747,6}{302,05} \times \frac{298}{760}$$

$$V = 29,11 \text{ L}$$

- Perhitungan jumlah SO₂ dari Contoh uji hasil Perhitungan Kurva Kalibrasi

Diketahui : nilai absorbansi = 0,231

$$b = \frac{\text{nilai absorbansi} - \text{nilai kurva kalibrasi (a)}}{\text{nilai kurva kalibrasi (b)}}$$

$$b = \frac{0,231 - 0,0086}{0,5555}$$

$$b = 0,400 \text{ } \mu\text{g}$$

- Perhitungan Konsentrasi SO₂ di udara dalam ruang

$$C = \frac{b}{V} \times 1.000$$

$$C = \frac{0,400}{29,11} \times 1.000$$

$$C = 13,75 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

Lampiran 5 Dokumentasi Pengukuran

- **Pengukuran Pencahayaan Umum**



- **Pengukuran Laju Ventilasi**



- **Pengukuran Konsentrasi SO_2 dan NO_2**



RIWAYAT HIDUP



Muhammad Bintang Afrizal atau biasa dipanggil Bintang lahir di Cirebon, 14 April 2002. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Sugeng, S.H dan Ibu Lilis Sartika. Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SD Kalitanjung Timur pada tahun 2008 – 2014. Kemudian melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN 4 Cirebon pada tahun 2014 – 2017 dan pendidikan sekolah menengah atas di SMAN 7 Cirebon pada tahun 2017 – 2020. Kemudian pada tahun 2020 – 2024 penulis melanjutkan pendidikan S1 program studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.