



**Analisis Kualitas Udara dengan Sensor MQ-138
Berkemampuan GPS dan Teknologi Pemetaan
dengan Metode SIG (Sistem Informasi Geografis)
di Kota Batam**

Tugas Akhir

Oleh:

Nandita Salsabilla Febriana (4212101069)

Sri Wahyu Ningsih (4212101071)

**Program Studi Teknik Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan tugas akhir saya yang berjudul: "Analisis Kualitas Udara dengan Sensor MQ-138 Berkemampuan GPS dan Teknologi Pemetaan dengan Metode SIG (Sistem Informasi Geografis) di Kota Batam" adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 24 Januari 2025

Batam, 24 Januari 2025



Nandita Salsabila Febriana
NIM: 4212101069



Sri Wahyu Ningsih
NIM: 4212101071

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Nandita Salsabilla Febriana (4212101069)
Sri Wahyu Ningsih (4212101071)

Tanggal Sidang: 20 – 21 Januari 2025

Disetujui oleh :



1. Abdullah Sani, S.ST, M.Sc
NIK: 113119



1. Daniel Sutopo Pamungkas, S.T.,
M.T., Ph.D
NIK: 100006



2. Widya Rika Puspita, S.Pd., M.Si.,
Ph.D
NIK:

Analisis Kualitas Udara dengan Sensor MQ-138 Berkemampuan GPS dan Teknologi Pemetaan dengan Metode SIG (Sistem Informasi Geografis) di Kota Batam

Abstrak

Kualitas udara merupakan faktor penting yang mempengaruhi kesehatan manusia dan lingkungan, khususnya di Kota Batam yang menghadapi isu pencemaran udara. Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan sistem pemantauan kualitas udara yang efektif, efisien dan mampu memberikan informasi *real-time*. Penelitian ini menggunakan sensor MQ-138 yang dilengkapi dengan kemampuan GPS dan teknologi pemetaan melalui metode SIG (Sistem Informasi Geografis). Sensor ini merupakan jenis sensor gas semikonduktor yang dirancang khusus untuk mendeteksi senyawa Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH₄) di empat titik Kota Batam, yaitu Sekupang, Batu Aji, Nongsa dan Punggur. Data dikumpulkan dan divisualisasikan menggunakan *Software QGIS* untuk menghasilkan peta spasial kualitas udara, kemudian analisis dilakukan menggunakan metode *Fuzzy Sugeno* untuk klasifikasi kualitas udara yang dapat menghasilkan *output* tidak jauh berbeda dibandingkan dengan pengujian alat. Hasil pengujian menunjukkan variasi yang signifikan dalam kualitas udara di setiap lokasi. Di lokasi Nongsa, kadar CO berkisar antara 49 sampai 58 ppm, yang menunjukkan kualitas udara “baik”, sementara kadar CH₄ berada di antara 356 sampai 580 ppm, yang tergolong kategori “sedang”. Di mana pada titik ini termasuk ke kategori kualitas udara paling baik di antara ketiga titik lainnya. Sebaliknya, di Punggur, kadar CO berkisar antara 167 sampai 242 ppm dan CH₄ berkisar antara 839 sampai 1209 ppm, yang juga menunjukkan kualitas udara “buruk”, secara keseluruhan Punggur memiliki tingkat pencemaran yang tinggi. Hasil penelitian ini memberikan informasi berupa peta dari visualisasi data yang dikumpulkan dan divisualisasikan dari sistem *Fuzzy Sugeno* yang menampilkan data berupa grafik. Keseluruhan sistem ini berhasil memberikan informasi berupa peta.

Kata kunci: *Fuzzy Sugeno*, sensor MQ-138, *Software QGIS*, visualisasi data

Air Quality Analysis with GPS-enabled MQ-138 Sensor and GIS (Geographic Information System) Mapping Technology in Batam City

Abstract

Air quality is an important factor affecting human health and the environment, especially in Batam City which is facing air pollution issues. To overcome this problem, an air quality monitoring system that is effective, efficient and able to provide real-time information is needed. This research uses MQ-138 sensor equipped with GPS capability and mapping technology through GIS (Geographic Information System) method. This sensor is a type of semiconductor gas sensor specifically designed to detect Carbon Monoxide (CO) and Methane (CH₄) compounds at four points in Batam City, namely Sekupang, Batu Aji, Nongsa and Punggur. The data was collected and visualized using QGIS Software to produce a spatial map of air quality, then analysis was conducted using Fuzzy Sugeno method for air quality classification which can produce output not much different compared to the tool testing. The test results showed significant variations in air quality at each location. At the Nongsa location, CO levels ranged from 49 to 58 ppm, indicating “good” air quality, while CH₄ levels were between 356 to 580 ppm, which is classified as “medium”. This point is categorized as the best air quality among the other three points. In contrast, in Punggur, CO levels ranged from 167 to 242 ppm and CH₄ ranged from 839 to 1209 ppm, which also indicates “poor” air quality, overall Punggur has a high level of pollution. The results of this research provide information in the form of maps from the visualization of data collected and visualized from the Fuzzy Sugeno system that displays data in the form of graphs. The whole system successfully provides information in the form of maps.

Keywords: data visualization, Fuzzy Sugeno, MQ-138 sensor, QGIS software

Kata Pengantar

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Kualitas Udara dengan Sensor MQ-138 Berkemampuan GPS dan Teknologi Pemetaan dengan Metode SIG (Sistem Informasi Geografis) di Kota Batam” ini tepat pada waktunya.

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar S.Tr.T pada Program Studi Teknik Mekatronika, Jurusan Teknik Elektro, di Politeknik Negeri Batam. Selain itu, tugas akhir ini juga bertujuan untuk memberikan pengetahuan kepada pembaca mengenai kualitas udara.

Selama penulisan tugas akhir ini, saya banyak menerima bantuan dan dukungan sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Daniel Sutopo Pamungkas, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing saya yang telah memberikan arahan, bimbingan dan saran berharga selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini. Terima kasih telah meluangkan waktunya di tengah kesibukannya beliau, sehingga saya bisa menyelesaikan laporan tugas akhir ini tepat pada waktunya.
2. Bapak Ir. Indra Hardian Mulyadi, S.T., M.Eng., Ph.D, selaku dosen wali yang telah memberikan izin dan dukungan selama pelaksanaan tugas akhir ini.
3. Seluruh dosen dan staf Politeknik Negeri Batam yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang sangat berharga selama menempuh pendidikan di kampus ini.
4. Kepada kedua orang tua saya, terima kasih selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, serta semangat tanpa henti selama saya kuliah hingga menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya, karena sudah memberikan *support* terbaik selama ini. Beliau memang tidak merasakan pendidikan sampai bangku perkuliahan, namun beliau mampu mendidik dan memberikan pendidikan untuk saya hingga bisa mendapatkan gelar sarjana.
5. Kepada Naufal Hanif Arsalan dan Annisa Putri W selaku abang dan kakak saya, terima kasih saya ucapkan karena selalu menjadi tempat untuk saya bercerita, berkeluh kesah, serta memberikan doa dan dukungan tiada henti sehingga saya bisa menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
6. Kepada rekan satu judul tugas akhir saya, Sri Wahyu Ningsih. Saya ucapkan terima kasih karena telah memberikan dukungan, arahan dan membantu saya melewati setiap tantangan selama perkuliahan hingga menyelesaikan tugas akhir ini. Tanpa dukungan dan kebahagiaan yang

kamu berikan, mungkin perjalanan ini akan terhambat dan tidak seindah ini.

7. Kepada sahabat saya, Melly, Fharis dan Farhan, terima kasih sudah selalu ada di kala saya merasakan kesusahan dalam menyusun laporan tugas akhir ini. Terima kasih telah memberikan kebahagiaan, waktu dan dukungan terbaik sehingga saya bisa menyelesaikan perkuliahan ini.
8. Kepada pemilik NIM 034, terima kasih telah menjadi tempat berkeluh kesah, menjadi pendengar yang baik, selalu sabar dan banyak memberikan semangat serta meluangkan waktu di tengah kesibukannya kepada saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan saya selama penyusunan laporan ini.
9. Untuk teman-teman saya, saya ucapkan terima kasih karena telah memberikan doa, dukungan serta semangat untuk saya dalam menyelesaikan tugas akhir.
10. Untuk diri saya Nandita Salsabilla Febriana terima kasih telah kuat dan bertahan sampai saat ini. Apresiasi sebesar-besarnya karena bisa menghadapi rintangan selama di dunia perkuliahan, serta bertanggung jawab untuk menyelesaikan perkuliahan tepat waktu. Terima kasih karena sudah berusaha dan tidak menyerah, serta menikmati setiap proses yang bisa dibilang tidak mudah.

Saya menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna karena adanya keterbatasan ilmu dan pengalaman yang dimiliki. Oleh karena itu, semua kritik dan saran yang bersifat membangun akan saya terima dengan senang hati. Saya berharap, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Batam, 02 Januari 2025



Nandita Salsabilla Febriana

Kata Pengantar

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Kualitas Udara dengan Sensor MQ-138 Berkemampuan GPS dan Teknologi Pemetaan dengan Metode SIG (Sistem Informasi Geografis) di Kota Batam” ini tepat pada waktunya.

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar S.Tr.T pada Program Studi Teknik Mekatronika, Jurusan Teknik Elektro, di Politeknik Negeri Batam. Selain itu, tugas akhir ini juga bertujuan untuk memberikan pengetahuan kepada pembaca mengenai kualitas udara.

Selama penulisan tugas akhir ini, saya banyak menerima bantuan dan dukungan sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Daniel Sutopo Pamungkas, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu ditengah kesibukan beliau, memberikan saran, arahan dan motivasi yang sangat membantu sekali sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Seluruh dosen dan staf kampus yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang sangat berharga selama menempuh pendidikan di kampus Politeknik Negeri Batam.
3. Kedua orang tua saya, Bapak Rohmad dan Ibu Sarifah Aini, kepada beliau tugas akhir ini saya persembahkan. Terima kasih atas segala doa dan kasih sayang yang diberikan dalam membesarkan dan membimbing saya selama ini sehingga dapat terus berjuang dalam mengerjakan tugas akhir serta dukungan motivasi, arahan dan materi untuk menunjang kegiatan akademik saya.
4. Kepada ayah dan ibu saya, Ibu Ernawati dan Bapak Eko, terima kasih atas segala doa dan dukungan kepada saya selama di perantauan. Terima kasih karena tidak pernah bosan dalam membantu saya dan segala fasilitas yang telah diberikan untuk mendukung saya dalam menempuh pendidikan di Politeknik Negeri Batam.
5. Kepada adik saya Desi Lestari, yang tidak pernah bosan dalam memberikan semangat serta menemani saya melakukan aktivitas secara *virtual*, terima kasih untuk segala dukungan dan motivasi dalam menjalani hari di perantauan.
6. Sahabat saya Nandita Salsabilla Febriana juga selaku rekan saya dalam penyusunan tugas akhir ini, terima kasih karena tidak pernah bosan memberikan semangat serta selalu menemani saya dalam segala hal, di kampus maupun di luar kampus, yang senantiasa selalu menghibur dan mendukung untuk terus maju dalam mengerjakan tugas akhir. Terima

kasih telah menjadi seorang teman yang selalu ceria dan bahagia karena itu membuat hari-hari saya sangat terhibur, menjadi pendengar yang baik dan setia di saat saya ingin berbagi keluh kesah.

7. Kepada tetangga, teman kos dan teman baik saya Melany Yulistia, terima kasih atas segala bantuan dan dukungannya selama di perantauan ini, yang senantiasa memberikan doa baik dan semangat dalam menjalani kehidupan perantauan serta menjadi teman berbagi cerita dan keluh kesah di setiap harinya.
8. Sri Wahyu Ningsih, ya! diri saya sendiri. Apresiasi sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima kasih karena terus berusaha dan tidak menyerah, serta senantiasa menikmati setiap prosesnya yang bisa dibilang tidak mudah. Terima kasih sudah bertahan.

Saya menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna karena adanya keterbatasan ilmu dan pengalaman yang dimiliki. Oleh karena itu, semua kritik dan saran yang bersifat membangun akan saya terima dengan senang hati. Saya berharap, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Batam, 02 Januari 2025



Sri Wahyu Ningsih

Daftar Isi

Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel	xiv
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	3
1.5. Batasan	3
1.6. <i>Work Breakdown Structure</i>	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka	4
2.1. Kualitas Udara	4
2.2. Analisis Kualitas Udara dengan Sensor MQ-138 Berkemampuan GPS dan Teknologi Pemetaan dengan Metode SIG (Sistem Informasi Geografis) di Kota Batam.....	15
2.2.1. Pengertian Analisis Kualitas Udara dengan Sensor MQ-138 Berkemampuan GPS dan Teknologi Pemetaan dengan Metode SIG (Sistem Informasi Geografis) di Kota Batam	15
2.3. <i>Fuzzy Sugeno</i>	19

2.4. Sensor MQ-138	20
2.5. ESP8266.....	20
2.6. GPS <i>Ublox</i> NEO 6M.....	21
2.7. <i>Software</i> Arduino IDE	21
2.8. <i>Software</i> QGIS	22
2.9. LCD <i>Display</i> I2C.....	22
2.10. <i>ThingSpeak</i>	23
Bab 3. Metodologi Penelitian	24
3.1. Perancangan Penelitian	24
3.1.1. Perancangan Sistem	24
3.1.2. Perancangan Metode Sugeno	25
3.1.3. Perancangan Desain Mekanikal.....	39
3.1.4. Perancangan Desain Elektrikal	40
3.1.5. Perancangan Pemrograman	41
3.2. Pengujian.....	42
3.2.1. Pengujian Alat.....	42
3.2.2. Pengujian Sistem	43
3.2.2.1. Pengujian Sistem pada <i>ThingSpeak</i>	43
3.2.2.2. Pengujian Sistem pada <i>Fuzzy Sugeno</i>	43
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	44
4.1. Hasil Pembuatan Alat	44
4.2. Data Hasil Penelitian dan Pembahasan	45
4.2.1. Kalibrasi Alat.....	45
4.2.2. Pengujian Alat.....	47
4.2.3. Pengujian Alat Berdasarkan Faktor Kondisi Cuaca	55

4.2.4. Pengujian <i>Fuzzy Sugeno</i>	71
4.2.5. Pengujian <i>ThingSpeak</i>	78
4.3. Hasil Pemetaan Data dan Pembahasan	83
4.4. Perbandingan Penelitian Terdahulu	86
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	87
5.1. Kesimpulan	87
5.2. Saran	87
Daftar Pustaka	89
Biodata	92
Lampiran	93

Daftar Gambar

Gambar 1. <i>Datasheet</i> Sensor MQ-138	16
Gambar 2. Data Vektor.....	17
Gambar 3. Data Raster	18
Gambar 4. Sensor MQ-138.....	20
Gambar 5. ESP8266.....	21
Gambar 6. GPS <i>Ublox</i> NEO 6M	21
Gambar 7. <i>Software</i> Arduino IDE	22
Gambar 8. <i>Software</i> QGIS	22
Gambar 9. LCD <i>Display</i> I2C.....	23
Gambar 10. <i>ThingSpeak</i>	23
Gambar 11. Diagram Alir Rancangan Penelitian.....	24
Gambar 12. Blok Diagram Perancangan Alat	24
Gambar 13. Diagram Alir Perancangan Sistem.....	25
Gambar 14. Grafik Senyawa CO	28
Gambar 15. Grafik Senyawa CH4.....	28
Gambar 16. Tampak Luar	39
Gambar 17. Tampak Dalam.....	40
Gambar 18. Tampak Samping	40
Gambar 19. Desain Elektrikal	41
Gambar 20. Diagram Alir Program	41
Gambar 21. Hasil Elektrikal	44
Gambar 22. Hasil Mekanikal.....	45
Gambar 23. Tabel Pengujian Alat Terkalibrasi.....	47
Gambar 24. Tabel Data Pengujian di Sekupang.....	49
Gambar 25. Tabel Data Pengujian di Batu Aji.....	50
Gambar 26. Tabel Data Pengujian di Nongsa	52
Gambar 27. Tabel Data Pengujian di Punggur.....	54
Gambar 28. Tabel Data Pengujian di Sekupang Cuaca Mendung.....	56
Gambar 29. Tabel Data Pengujian di Batu Aji Cuaca Mendung.....	58
Gambar 30. Tabel Data Pengujian di Nongsa Cuaca Mendung	59
Gambar 31. Tabel Data Pengujian di Punggur Cuaca Mendung.....	60
Gambar 32. Tabel Data Pengujian di Sekupang Cuaca Hujan.....	61
Gambar 33. Tabel Data Pengujian di Batu Aji Cuaca Hujan.....	62
Gambar 34. Tabel Data Pengujian di Nongsa Cuaca Hujan	63
Gambar 35. Tabel Data Pengujian di Punggur Cuaca Hujan	65
Gambar 36. Tabel Data Pengujian di Sekupang Cuaca Setelah Hujan.....	66
Gambar 37. Tabel Data Pengujian di Batu Aji Cuaca Setelah Hujan	67
Gambar 38. Tabel Data Pengujian di Nongsa Cuaca Setelah Hujan	69
Gambar 39. Tabel Data Pengujian di Punggur Cuaca Setelah Hujan	70

Gambar 40. Grafik CO dan CH4 Keseluruhan	71
Gambar 41. Grafik Aktual dan Prediksi CO di Sekupang.....	71
Gambar 42. Grafik Aktual dan Prediksi CH4 di Sekupang.....	72
Gambar 43. Grafik CO dan CH4 di Sekupang.....	72
Gambar 44. Grafik Aktual dan Prediksi CO di Batu Aji.....	73
Gambar 45. Grafik Aktual dan Prediksi CH4 di Batu Aji.....	73
Gambar 46. Grafik CO dan CH4 di Batu Aji.....	74
Gambar 47. Grafik Aktual dan Prediksi CO di Nongsa	74
Gambar 48. Grafik Aktual dan Prediksi CH4 di Nongsa	75
Gambar 49. Grafik CO dan CH4 di Nongsa	75
Gambar 50. Grafik Aktual dan Prediksi CO di Punggur.....	76
Gambar 51. Grafik Aktual dan Prediksi CH4 di Punggur	76
Gambar 52. Grafik CO dan CH4 di Punggur	77
Gambar 53. Grafik CO di Sekupang	78
Gambar 54. Grafik CH4 di Sekupang	79
Gambar 55. Grafik CO di Batu Aji	79
Gambar 56. Grafik CH4 di Batu Aji	80
Gambar 57. Grafik CO di Nongsa.....	80
Gambar 58. Grafik CH4 di Nongsa	81
Gambar 59. Grafik CO di Punggur	81
Gambar 60. Grafik CH4 di Punggur.....	82
Gambar 61. Hasil pada QGIS	83
Gambar 62. Tampilan <i>Google My Maps</i> Titik Lokasi Sekupang.....	84
Gambar 63. Tampilan <i>Google My Maps</i> Titik Lokasi Batu Aji.....	84
Gambar 64. Tampilan <i>Google My Maps</i> Titik Lokasi Nongsa	85
Gambar 65. Tampilan <i>Google My Maps</i> Titik Lokasi Punggur	85

Daftar Tabel

Tabel 1. WBS	3
Tabel 2. Kualitas Udara Menurut ISPU [5]	4
Tabel 3. Jenis Senyawa [6].....	5
Tabel 4. Penelitian Terdahulu.....	5
Tabel 5. <i>Range</i> Senyawa CO [18].....	16
Tabel 6. <i>Range</i> Senyawa CH4 [19]	16
Tabel 7. Kategori CO	26
Tabel 8. Kategori CH4	26
Tabel 9. <i>Rule Fuzzy Sugeno</i> Pada CO dan CH4	27
Tabel 10. Lokasi Pengujian	42
Tabel 11. Tabel Pengujian Alat	43

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kualitas udara merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi kesehatan manusia. Pencemaran udara dapat menyebabkan berbagai penyakit pernapasan, seperti asma, bronkitis dan kanker paru-paru. Kualitas udara menjadi isu penting di berbagai kota, termasuk Kota Batam. Pencemaran udara dapat berdampak negatif pada kesehatan manusia dan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan sistem *monitoring* kualitas udara yang efektif dan efisien. Pemantauan kualitas udara secara berkala sangat penting untuk mengetahui tingkat pencemaran udara dan mengambil langkah-langkah yang tepat untuk menguranginya. Sistem *monitoring* kualitas udara tradisional menggunakan sensor yang mahal dan kompleks, sistem ini juga membutuhkan tenaga ahli untuk mengoperasikan dan memeliharanya.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Tito Tuesnadi dan teman-teman pada tahun 2016 menggunakan sensor TGS 2600 untuk mendeteksi gas CO, sensor TGS 2201 untuk mendeteksi gas NO₂ dan HC, sensor SHT 11 untuk mendeteksi suhu dan kelembapan, GP2Y untuk mendeteksi partikel debu [1].

Pada jurnal yang diteliti oleh Muhammad Hasanuddin dan Herdianto pada tahun 2023, sensor MQ-135 adalah jenis sensor kimia yang sensitif terhadap berbagai senyawa seperti NH₃, NO_x, alkohol, benzol, asap, CO₂ dan lain-lain. Sensor ini bekerja dengan cara menerima perubahan nilai resistansi (analog) saat terkena gas tertentu. Ketika sensor ini terpapar gas, terjadi reaksi kimia di dalam sensor yang menyebabkan perubahan resistansi. Perubahan ini kemudian diubah menjadi sinyal listrik yang dapat diukur oleh mikrokontroler seperti Arduino Wemos [2].

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa sensor gas dapat digunakan untuk memantau kualitas udara. Sistem pemantauan kualitas udara berbasis sensor MQ-138 dan GPS *Ublox* NEO 6M memiliki potensi besar untuk membantu mengatasi masalah pencemaran udara. Kelebihan dari sensor MQ-138 adalah sensitif terhadap gas berbahaya, mudah digunakan dan respons yang cepat terhadap perubahan gas. Sesuai dengan kebutuhan penelitian, sensor ini akan digunakan untuk mendeteksi gas CO dan CH₄.

Teknologi GPS dapat digunakan untuk menentukan lokasi sensor MQ-138. Hal ini memungkinkan untuk memetakan data kualitas udara secara spasial. SIG adalah sistem berbasis komputer yang digunakan untuk menangkap, menyimpan, menampilkan dan menganalisis informasi geografis [3]. Modul SIG (Sistem Informasi Geografis) memiliki beberapa subsistem, termasuk *input data*, *output data*, administrasi data, manipulasi data dan analisis. Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat digunakan untuk mempermudah mendapatkan data yang telah diekstrak dan disimpan sebagai atribut dari suatu lokasi atau objek. Secara garis

besar, data dalam SIG terdiri dari data spasial, data vektor dan data raster dalam format digital. Sistem ini menggabungkan data spasial (lokasi geografis) dengan data non-spasial sehingga pengguna dapat membuat peta dan menganalisis informasi dengan berbagai cara. SIG adalah alat yang berguna untuk mengelola data spasial. Data dalam SIG dikumpulkan secara digital, sehingga lebih ringkas daripada data dalam format konvensional lainnya seperti tabel atau peta cetak, yang pada akhirnya akan memperlambat pekerjaan dan meningkatkan biaya yang diperlukan.

Sensor gas berperan penting dalam memantau kualitas udara. Salah satu sensor yang digunakan adalah MQ-138, sensor ini mampu mendeteksi keberadaan gas berbahaya seperti Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH₄). Sedangkan GPS *Ublox* NEO 6M merupakan modul penerima GPS yang andal dengan menyediakan informasi lokasi dan waktu yang akurat. Penggabungan sensor MQ-138 dan GPS *Ublox* NEO 6M memungkinkan pengembangan sistem pemantauan kualitas udara yang *real-time* dengan menampilkan data berupa lokasi. Sistem ini diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih komprehensif tentang tingkat polusi udara di area tertentu.

Dengan demikian, penyusunan tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisis, menentukan pengaruh, memetakan dan memvisualisasikan data kualitas udara dengan menggunakan sensor MQ-138 dan teknologi GPS *Ublox* Neo 6M, serta metode SIG. Diharapkan, hasil dari penelitian ini tidak hanya meningkatkan kinerja sistem *monitoring* kualitas udara, tetapi juga dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam upaya identifikasi area dengan kualitas udara buruk dan faktor-faktor penyebab pencemaran udara di Kota Batam. Kemudian, pada penelitian ini juga menggunakan metode *Fuzzy Sugeno* dalam menentukan klasifikasi kualitas udara dengan 3 kategori seperti baik, sedang dan buruk. Sebagai hasilnya, diharapkan dapat dirumuskan kebijakan dan tindakan yang lebih efektif dalam menjaga kualitas udara serta melindungi kesehatan masyarakat dan lingkungan.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam pembuatan tugas akhir tersebut adalah:

1. Bagaimana sistem cara kerja sensor MQ-138 dengan GPS *Ublox* NEO 6M?
2. Bagaimana pengaruh akurasi sensor MQ-138 terhadap hasil analisis kualitas udara di area tertentu?
3. Bagaimana teknologi GPS *Ublox* NEO 6M membantu dalam memetakan data kualitas udara secara spasial?
4. Bagaimana metode SIG dapat digunakan untuk memvisualisasikan dan menganalisis data kualitas udara yang dikumpulkan?
5. Bagaimana menganalisa data kualitas udara menggunakan metode *Fuzzy Sugeno*?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir tersebut adalah:

1. Menganalisis cara kerja sensor MQ-138 dan GPS *Ublox* NEO 6M.
2. Menentukan pengaruh akurasi sensor MQ-138 terhadap hasil analisis kualitas udara di area tertentu.
3. Memetakan data kualitas udara secara spasial menggunakan teknologi GPS *Ublox* NEO 6M.
4. Memvisualisasikan dan menganalisis data kualitas udara yang dikumpulkan dengan metode SIG.
5. Menganalisa data kualitas udara menggunakan metode *Fuzzy Sugeno*.

1.4. Manfaat

Adapun manfaat dari penyusunan tugas akhir tersebut adalah:

1. Meningkatkan kinerja sistem *monitoring* kualitas udara dengan mengintegrasikan sensor MQ-138 dan GPS *Ublox* NEO 6M.
2. Meningkatkan keandalan data kualitas udara yang dikumpulkan oleh sensor MQ-138.
3. Membantu identifikasi area dengan kualitas udara yang buruk.
4. Membantu identifikasi faktor-faktor yang menyebabkan pencemaran udara.

1.5. Batasan

Adapun batasan masalah dalam penyusunan tugas akhir tersebut adalah:

1. Hanya mampu mendeteksi beberapa jenis senyawa dengan menggunakan sensor MQ-138.
2. Sistem ini hanya bisa mendeteksi gas yang dapat diukur oleh sensor MQ-138, selain gas tersebut tidak akan terdeteksi.
3. Pengujian hanya dilakukan pada 4 titik di Kota Batam.
4. Jaringan internet tergantung pada titik pengambilan data.
5. Penggunaan metode *Fuzzy Sugeno* untuk klasifikasi udara berdasarkan data sensor dan tidak membahas metode *Fuzzy Sugeno* secara mendalam.

1.6. Work Breakdown Structure

Tabel 1. WBS

No	Nama	Tugas dan Tanggung Jawab dalam Tim
1	Nandita Salsabilla Febriana	Mekanikal dan elektrikal
2	Sri Wahyu Ningsih	Pemrograman MCU dan analisis sistem

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Kualitas Udara

Penelitian ini mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya di mana banyak melakukan penelitian terkait “Kualitas Udara dengan Berkemampuan GPS dan Teknologi Pemetaan Web” dalam bentuk menganalisis, menentukan pengaruh, memetakan dan memvisualisasikan data kualitas udara.

Udara merupakan elemen penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Kualitas udara yang baik sangat penting untuk kesehatan dan kesejahteraan manusia. Kualitas udara merupakan tingkat kebersihan udara yang diukur berdasarkan konsentrasi polutan di dalamnya, polutan udara adalah zat atau partikel yang dapat mencemari udara dan membahayakan kesehatan manusia. Kualitas udara yang baik memiliki konsentrasi polutan yang rendah, sehingga aman untuk dihirup. Sedangkan kualitas udara yang buruk memiliki konsentrasi polutan yang tinggi, sehingga dapat membahayakan kesehatan.

Menurut Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), ukuran yang digunakan untuk mengukur tingkat polusi udara biasanya dinyatakan dalam angka antara 0 sampai 3000 ppm. Dengan nilai yang lebih rendah menunjukkan udara yang lebih baik dan nilai yang lebih tinggi menunjukkan udara yang berbahaya [4].

Tabel 2. Kualitas Udara Menurut ISPU [5]

No	Kualitas Udara	ISPU	Keterangan
1	Baik	0 – 50 ppm	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan, ataupun nilai estetika.
2	Sedang	51 – 100 ppm	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan, tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif dan nilai estetika.
3	Tidak sehat	101 – 199 ppm	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.
4	Sangat tidak sehat	200 – 299 ppm	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada

			sejumlah segmen populasi yang terpapar.
5	Berbahaya	300 – 3000 ppm	Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi.

Tabel 3. Jenis Senyawa [6]

No	Jenis Senyawa	Contoh	Keterangan
1	Karbon Monoksida (CO)	Asap kendaraan bermotor, polusi udara dan kebakaran hutan.	Tidak sehat (Buruk)
2	Metana (CH ₄)	Asap kendaraan, asap pembangkit listrik, asap industri dan gas metana.	Tidak sehat (Buruk)

Berikut beberapa jurnal penelitian yang diambil sebagai acuan dalam pembuatan tugas akhir ini.

Tabel 4. Penelitian Terdahulu

No	Tahun	Penulis	Jurnal	Metode	Kelemahan
1	2022	Yoo Min Park	<i>A GPS-enabled Portable Air Pollution Sensor and Web-mapping Technologies for Field-based Learning in Health Geography</i> [7]	Geo Air adalah perangkat yang mudah digunakan dan tidak bergantung pada perangkat seluler atau aplikasi ponsel lain karena GPS, pencatat data dan baterai bawaan. Dengan Geo	Geo Air menyediakan data kualitas udara untuk berbagai parameter dan lokasi, tetapi biaya cukup mahal dan tidak selalu akurat dalam penyajian data.

				Air, mahasiswa dapat mengumpulkan data pengambilan sampel udara pribadi, lokasi GPS, suhu dan kelembapan secara <i>real-time</i> .	
2	2023	Muhammad Hasanuddin dan Herdianto	Sistem <i>Monitoring dan Deteksi Dini Pencemaran Udara Berbasis Internet of Things (IoT)</i> [8]	Sensor MQ-135 Sensor MQ-135 adalah jenis sensor kimia yang sensitif terhadap senyawa NH ₃ , NO _x , alkohol, benzol, asap, CO ₂ dan lainnya. Sensor ini bekerja dengan cara menerima perubahan nilai resistansi	Sensor MQ-135 kurang akurat, memiliki pengukuran yang lebih sempit dan selektivitas yang lebih rendah.

				(analog) bila terkena gas.	
3	2016	Tito Tuesnadi, Sumardi, dan Budi Setiyono	Rancang Bangun Sistem <i>Monitoring</i> Polusi Udara <i>Portable</i> Berbasis Koordinat GPS (<i>Global Positioning System</i>) [9]	<p>Sensor TGS 2600 (CO)</p> <p>Sensor TGS 2600 (CO) adalah sensor yang menggunakan prinsip elektrokimia untuk mendeteksi gas CO. Sensor ini memiliki elektroda yang dilapisi dengan bahan katalitik yang bereaksi dengan CO dan menghasilkan sinyal elektrik. Semakin tinggi konsentrasi CO, maka semakin besar sinyal</p>	Sensor TGS 2600 (CO) memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap gas CO, NO ₂ dan HC, tetapi rentan terhadap pengaruh lingkungan.

				elektrik yang dihasilkan.	
4	2022	Suhendar, Anggoro Suryo Pramudyo, dan Evan Ramdani	Rancang Bangun Pemantau Kualitas Udara <i>Real Time</i> Terintegrasi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) [10]	Sensor DHT11 Sensor DHT11 adalah sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara. Sensor ini dapat mendeteksi perubahan resistansi udara akibat perubahan suhu dan kelembapan.	Sensor DHT11 memiliki akurasi pengukuran yang tidak terlalu tinggi, tidak tahan terhadap lingkungan yang ekstrim dan memiliki tingkat <i>error</i> yang cukup tinggi.
5	2023	Ari Bangkit Sanjaya Uumbu	Analisis Grafik Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-135 Untuk Menentukan Persamaan Hubungan Antara ppm dan Rs/Ro [11]	Sensor MQ-135 dan berbasis WEB Sensor MQ-135 adalah sensor udara untuk mendeteksi gas Ammonia (NH ₃), Natrium Dioksida	Sensor MQ-135 memiliki sensitivitas yang cukup luas sehingga pembacaan tidak akurat, umur sensor yang sangat terbatas dan dalam

				(NOx), alkohol, benzena, Karbon Dioksida (CO2), H2S dan gas lainnya yang ada di atmosfer. Sensor ini melaporkan hasil deteksi kualitas udara berupa perubahan nilai resistansi analog di pin keluarannya.	pembacaan alat memiliki respons yang sedikit lambat.
6	2021	Gita Pati Humairoh dan Rama Dani Eka Putra	Prototipe Pengendalian Kualitas Udara <i>Indoor</i> Menggunakan Mikrokontroler dengan Sensor MQ-135, DHT22 dan Filter HEPA [12]	Sensor MQ-135 dan sensor DHT22 Sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas CO2 dan sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembapan ruangan.	Sensor MQ-135 memiliki sensitivitas yang cukup luas sehingga pembacaan tidak akurat dan umur sensor yang sangat terbatas. Sedangkan sensor DHT22

					memiliki akurasi yang masih sangat terbatas dan rentan terhadap gangguan udara.
7	2016	Adam Faroqi, Eko Prabowo Hadisantoso, Dery Kurnia Halim, dan Mada Sanjaya	Perancangan Alat Pendeteksi Kadar Polusi Udara Menggunakan Sensor Gas MQ-7 dengan Teknologi <i>Wireless</i> HC-05 [13]	Sensor MQ-7 Sensor MQ-7 digunakan untuk mendeteksi kadar polusi udara dan Karbon Monoksida (CO). Cara kerja dari sensor MQ-7 adalah memerlukan pemanasan terlebih dahulu baru bisa mendeteksi keberadaan gas CO di udara.	Sensor MQ-7 memiliki selektivitas yang rendah, sebelum melakukan pengukuran perlu melakukan pemanasan awal dan rentan terhadap kelembapan tinggi yang dapat memengaruhi kinerja sensor.
8	2018	Jaka Prayudha, Ardianto	Implementasi Metode <i>Fuzzy Logic</i> Untuk	<i>Fuzzy Logic</i>	<i>Fuzzy logic</i> membutuhkan

		Pranata, dan Afdal Al Hafiz	Sistem Pengukuran Kualitas Udara di Kota Medan Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT) [14]	<i>Fuzzy logic</i> adalah metode yang bermanfaat untuk penilaian kualitas udara. Metode ini dapat membantu untuk memahami dan mengelola kualitas udara dengan lebih baik. Cara kerja dari <i>fuzzy logic</i> yaitu melakukan perubahan data aktual menjadi nilai keanggotaan <i>fuzzy</i> , melakukan penerapan aturan <i>fuzzy logic</i> dan mengubah nilai menjadi <i>output</i> yang aktual.	pengetahuan yang lebih dengan sistem yang dianalisa, memiliki proses sistem yang lebih rumit dan akurasi tergantung pada kualitas data yang didapatkan.
--	--	-----------------------------	--	---	---

9	2020	Heri Subagiyo, Retno Tri Wahyuni, Memen Akbar, dan Fella Ulfa	Rancang Bangun Sensor Node untuk Pemantauan Parameter Kualitas Udara [15]	Sensor Node Sensor Node adalah unit individual penyusun jaringan sensor nirkabel. Sensor ini mencakup sensor MQ-7, MQ-131, MQ-135 dan MQ-136. Cara kerja dari sensor ini adalah dengan mendeteksi perubahan lingkungan, dengan mendeteksi suhu, kelembapan, cahaya dan lainnya.	Sensor Node memiliki keterbatasan sumber daya, terbatasnya jarak untuk komunikasi dan sering mengalami gangguan sinyal.
10	2020	Ikhwan Prayoga, Dedi Triyanto, dan Suhardi	Sistem <i>Monitoring</i> Kualitas Udara Secara <i>Real Time</i> dengan Peringatan Bahaya Kualitas Udara	Sensor PM10 Sensor PM10 untuk mengukur Karbon Monoksida (CO), deteksi	Sensor PM10 memiliki tingkat akurat yang rendah sehingga perlu

			Tidak Sehat Menggunakan <i>Push Notification</i> [16]	asap, pengukuran suhu dan kelembapan udara. Cara kerja sensor PM10 adalah dengan mendeteksi keberadaan partikel debu.	menambahkan node sensor lain. Karena sensor ini bekerja jika mendeteksi partikel debu dan hamburan cahaya.
11	2025	Nandita Salsabilla Febriana dan Sri Wahyu Ningsih	Analisis Kualitas Udara dengan Sensor MQ-138 Berkemampuan GPS dan Teknologi Pemetaan dengan Metode SIG (Sistem Informasi Geografis) di Kota Batam	SIG (Sistem Informasi Geografis) SIG adalah sistem berbasis komputer yang digunakan untuk mengelola data geografis yang mencakup informasi spasial (lokasi) dan data atribut (data deskriptif terkait lokasi). SIG dapat	SIG sangat bergantung pada kualitas dan akurasi data <i>input</i> , baik data spasial maupun atributnya. Kesalahan atau ketidaktepatan dalam data <i>input</i> dapat mengurangi keakuratan hasil analisis. Sensor MQ-138 memiliki harga yang cukup mahal

				<p>membaca data dalam jumlah yang besar. Dengan SIG, data spasial dan atribut dapat diintegrasikan dan di proses secara cepat.</p> <p>Sensor MQ-138</p> <p>Sensor MQ-138 memiliki sensitivitas yang lebih tinggi untuk mendeteksi kualitas udara kotor, tidak mudah rusak dan pembacaan hasil data lebih akurat.</p>	<p>dan sulit ditemukan di Indonesia.</p>
--	--	--	--	--	--

Sensor MQ-138 memiliki kelebihan dibandingkan sensor lainnya. Kelebihan dari sensor ini, antara lain memiliki sensitivitas tinggi terhadap senyawa, spesifik dalam mendeteksi gas karena bersifat lebih sensitif, membaca hasil lebih akurat dan tahan lama.

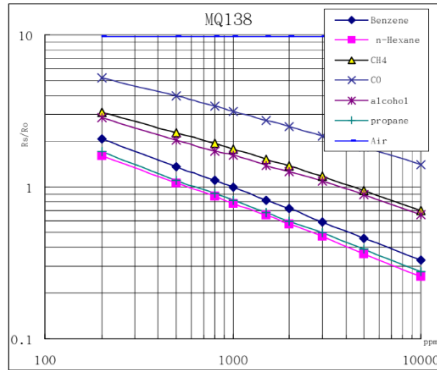
2.2. Analisis Kualitas Udara dengan Sensor MQ-138 Berkemampuan GPS dan Teknologi Pemetaan dengan Metode SIG (Sistem Informasi Geografis) di Kota Batam

2.2.1. Pengertian Analisis Kualitas Udara dengan Sensor MQ-138 Berkemampuan GPS dan Teknologi Pemetaan dengan Metode SIG (Sistem Informasi Geografis) di Kota Batam

Analisis kualitas udara dengan sensor MQ-138 berkemampuan GPS dan teknologi pemetaan dengan metode SIG (Sistem Informasi Geografis) di Kota Batam merupakan alat pendeteksi kualitas udara berkemampuan GPS dan pemetaan untuk memudahkan pengguna dalam menganalisis kualitas udara di titik-titik tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk memahami secara mendalam mengenai pengaruh akurasi sensor MQ-138 terhadap hasil analisis kualitas udara di area tertentu, serta bagaimana teknologi GPS *Ublox* NEO 6M dapat membantu dalam memetakan data kualitas udara secara spasial. Dengan demikian, tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk meningkatkan efisiensi sistem pemantauan kualitas udara dengan mengintegrasikan kedua sensor untuk meningkatkan kualitas data udara yang dikumpulkan dan untuk membantu mengidentifikasi area dengan kualitas udara yang buruk, serta faktor-faktor yang berkontribusi pada kebocoran udara melalui visualisasi dan analisis data menggunakan metode SIG. Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan, mengambil, menganalisis dan mengoperasikan data yang memiliki komponen spesial atau berhubungan dengan lokasi geografis. SIG memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan data secara spasial, sehingga informasi yang diperoleh dapat diinterpretasikan secara lebih akurat dalam konteks geografis. Sistem ini bekerja dengan mengintegrasikan data geografis dengan data atribut untuk menciptakan representasi visual dari informasi geografis. Dengan demikian, penelitian ini berpotensi memberikan kontribusi yang signifikan dalam memahami dan meningkatkan kualitas udara di wilayah tertentu sesuai dengan kebutuhan peneliti.

1. Kalibrasi Sensor MQ-138

Sensor MQ-138 mengandung Timah Dioksida (SnO_2), yang memiliki konduktivitas lebih kecil di udara bersih. Cara kerja sensor ini yaitu ketika ada *Volatile Organic Compounds* (VOC) seperti, Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH_4), konduktivitas sensor menjadi lebih tinggi. Sensor gas MQ-138 selain memiliki sensitivitas tinggi terhadap gas tersebut, sensor ini juga dapat *memonitoring* hidrogen dan uap organik lainnya dengan baik. Sensor MQ-138 memiliki enam pin, empat di antaranya digunakan untuk mengambil sinyal, sementara dua lainnya digunakan untuk menyediakan arus pemanas.



Gambar 1. Datasheet Sensor MQ-138

Kalibrasi sensor gas MQ-138 adalah proses untuk menentukan hubungan antara tegangan *output* sensor dan konsentrasi gas yang diukur. Kalibrasi ini penting untuk memastikan akurasi dan keandalan sensor, serta memperpanjang umur pakainya. Proses kalibrasi melibatkan eksposur sensor ke gas dengan konsentrasi yang diketahui, pengukuran tegangan *output* dan pembuatan tabel kalibrasi. Faktor-faktor yang dapat memengaruhi kalibrasi termasuk temperatur, kelembapan, paparan gas lain, umur sensor dan kerusakan fisik. Kalibrasi harus dilakukan secara berkala untuk menjaga akurasi sensor. Kalibrasi adalah proses penting untuk memastikan akurasi dan keandalan sensor gas MQ-138. Dengan kalibrasi yang tepat, sensor ini dapat memberikan pengukuran gas yang andal untuk berbagai aplikasi [17].

Tabel 5. Range Senyawa CO [18]

No	Kategori	Range (ppm)
1	Baik	0-65 ppm
2	Sedang	40-100 ppm
3	Buruk	80-300 ppm

Tabel 6. Range Senyawa CH4 [19]

No	Kategori	Range (ppm)
1	Baik	400 – 550 ppm
2	Sedang	500 – 650 ppm
3	Buruk	600 – 750 ppm

2. Metode SIG (Sistem Informasi Geografis)

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan suatu sistem informasi berbasis komputer untuk menyimpan, mengelola dan menganalisis, serta

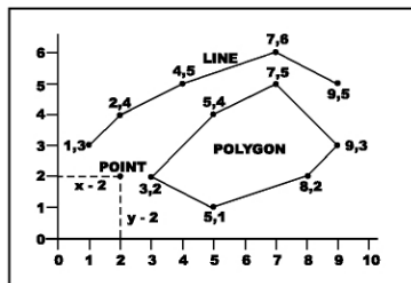
memanggil data geografis yang berkembang pesat pada lima tahun terakhir ini. Manfaat dari SIG adalah memberikan kemudahan kepada para pengguna untuk menentukan kebijaksanaan yang akan diambil, khususnya yang berkaitan dengan aspek keruangan (spasial). Dengan adanya teknologi ini maka akan memudahkan dalam hal pemetaan data kualitas udara, salah satunya dalam penelitian “Analisis Kualitas Udara dengan Sensor MQ-138 Berkemampuan GPS dan Teknologi Pemetaan dengan Metode SIG (Sistem Informasi Geografis) di Kota Batam” [20]. SIG (Sistem Informasi Geografis) akan selalu diasosiasikan dengan sistem yang berbasis komputer, sistem ini akan sangat membantu ketika data geografis merupakan data yang besar atau dalam jumlah dan ukuran yang terdiri dari banyak tema yang saling berkaitan. SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan, menggabungkan, menganalisa berbagai data pada suatu titik tertentu dan kemudian memetakan hasilnya. Data yang akan diolah pada SIG merupakan data spasial yaitu sebuah data yang berbentuk data geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya. Sehingga aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti, lokasi, kondisi, pola dan pemodelan peta lainnya. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dari sistem informasi lainnya [21].

3. Data Spasial

Data spasial dapat digunakan sebagai blok bangunan utama dalam kegiatan SIG. Data spasial adalah data yang berorientasi geografis yang ditampilkan oleh beberapa titik koordinat dan tensor elevasi, sehingga dapat menentukan lokasi dan elevasi dari area yang bersangkutan. Data dapat disajikan dalam dua format dalam SIG, yaitu:

a. Data Vektor

Dalam format data vektor, objek direpresentasikan sebagai mosaik garis atau busur, poligon (wilayah yang dibagi menjadi beberapa segmen oleh garis-garis yang berpotongan di lokasi yang sama), titik juga dikenal sebagai simpul berlabel dan simpul yang merupakan titik-titik di mana dua garis yang berbeda saling bertemu.

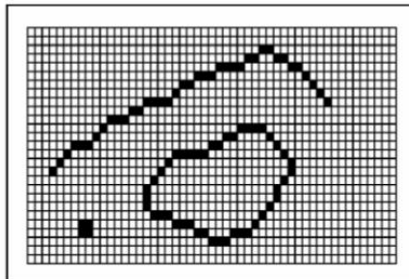


Gambar 2. Data Vektor

Keunggulan utama dari data vektor adalah kemampuannya untuk mengekspresikan fitur titik, batas dan lurus secara akurat. Hal ini sangat membantu untuk analisis yang membutuhkan ketepatan posisi, seperti menganalisis data batas-batas. Contoh lain dari aplikasinya adalah untuk mendefinisikan hubungan spasial antara beberapa fitur. Keuntungan utama dari data vektor adalah kemampuannya untuk mengakomodasi perubahan bertahap.

b. Data Raster

Data raster sering dikenal sebagai data *grid*, data raster adalah data yang diperoleh dari sistem penginderaan jauh. Pada data raster, objek geografis direpresentasikan sebagai struktur kisi-kisi tunggal yang dikenal sebagai piksel (elemen gambar). Pada data raster, resolusi tergantung pada ukuran piksel. Dengan kata lain, resolusi piksel menggambarkan ukuran nyata dari permukaan yang terdeteksi oleh setiap piksel pada citra. Semakin kecil ukuran benjolan pada tubuh yang diwakili oleh satu sel, maka semakin tinggi resolusinya. Data raster sangat berguna untuk menunjukkan tren yang berubah secara bertahap, seperti jenis tanah, kelembapan tanah, vegetasi, suhu tanah dan sebagainya. Kerugian utama dari data raster adalah ukuran *file*, semakin besar resolusi *grid* maka semakin besar pula ukuran *file* [22].



Gambar 3. Data Raster

4. Sumber Data Spasial

SIG membutuhkan masukan data yang bersifat spasial maupun deskriptif. Beberapa sumber data tersebut antara lain:

a. Peta Analog

Peta analog adalah peta dalam bentuk cetakan. Pada umumnya peta analog dibuat dengan teknik kartografi, sehingga sudah mempunyai referensi spasial seperti koordinat, skala, arah mata angin dan sebagainya. Referensi spasial dari peta analog memberikan koordinat sebenarnya di permukaan bumi pada peta digital yang dihasilkan. Biasanya peta analog direpresentasikan dalam format vektor.

b. Data GPS

Teknologi GPS memberikan terobosan penting dalam menyediakan data bagi SIG. Keakuratan pengukuran GPS semakin tinggi dengan berkembangnya teknologi. Data ini biasanya direpresentasikan dalam format vektor.

2.3. Fuzzy Sugeno

Fuzzy Sugeno adalah suatu logika yang digunakan untuk menghasilkan keputusan tunggal atau *crisp* saat defuzzifikasi, penggunaannya tergantung dari domain masalah yang terjadi. Di mana urutan prosesnya dimulai dari fuzzifikasi, inferensi dan defuzzifikasi. Logika metode *Fuzzy Sugeno* dikenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985. Pada metode Sugeno ini, logika *fuzzy* menggunakan sistem evaluasi dengan aturan *fuzzy If-Then*. Suatu perhitungan matematika yang merupakan bagian *Then* ditambahkan dalam sistem *Fuzzy Sugeno* untuk memperbaiki kekurangan yang dimiliki oleh sistem *fuzzy* alami. Metode ini merupakan perkembangan dari metode *Fuzzy Mamdani* dan *Fuzzy Tsukamoto*, yang memiliki keunggulan dalam menangani masalah ketika memiliki banyak variabel yang tidak dapat dianggap sebagai bilangan pasti atau *boolean*. Metode *Fuzzy Sugeno* digunakan untuk mengklasifikasikan data sensor kualitas udara. *Fuzzy Sugeno* memungkinkan pengolahan data sensor yang tidak pasti atau ambigu untuk menentukan kualitas udara dalam kategori baik, sedang dan buruk. Dengan mendefinisikan fungsi keanggotaan, membuat aturan *fuzzy* dan menggunakan sistem inferensi serta defuzzifikasi, metode ini menghasilkan keputusan yang akurat mengenai kondisi kualitas udara.

Tahapan-tahapan proses inferensi dengan metode *Fuzzy Sugeno* adalah sebagai berikut:

1. Fuzzifikasi

Pada tahap ini mengambil nilai-nilai tegas (*crisp*) dan menentukan derajat keanggotaan, di mana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan *fuzzy*.

2. Inferensi

Inferensi merupakan proses transformasi dari suatu *input* dalam domain *fuzzy* ke suatu *output* dalam domain *fuzzy*. Proses transformasi pada bagian inferensi membutuhkan aturan-aturan *fuzzy* yang terdapat di dalam basis-basis aturan.

3. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses pemetaan himpunan *fuzzy* ke himpunan tegas (*crisp*) berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. *Fuzzy Sugeno* menggunakan fungsi keanggotaan *singleton* pada variabel *output* dan menggunakan *height method* dalam penentuan nilai *output*. Fungsi keanggotaan *singleton* merupakan fungsi keanggotaan yang memiliki nilai keanggotaan 1 dan 0 pada fungsi aktual-prediksi. *Height method* merupakan hasil keluaran sistem dihitung sebagai rata-rata dari keluaran setiap aturan (Z_i) berdasarkan nilai bobot

(Wi). Semakin tinggi bobot (Wi), semakin besar pengaruh aturan itu terhadap keluaran akhir.

2.4. Sensor MQ-138

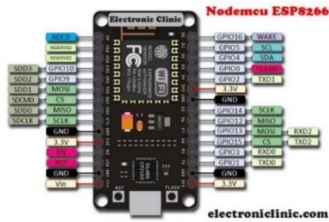
Sensor MQ-138 adalah jenis sensor gas semikonduktor yang ditandai dengan kemudahan penggunaan dari berbagai aplikasi. Sensor ini dirancang khusus untuk mendeteksi keberadaan gas berbahaya seperti Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH₄). Sensor MQ-138 beroperasi berdasarkan prinsip mengubah resistansi bahan semikonduktor saat terpapar gas, mampu mengidentifikasi gas target secara akurat ketika sensor mendeteksi keberadaan gas, maka resistansi akan mengalami perubahan yang kemudian diubah menjadi sinyal tegangan analog. Semakin tinggi konsentrasi gas, maka semakin besar perubahan resistansi dan semakin tinggi pula tegangan *output* yang dihasilkan [23].



Gambar 4. Sensor MQ-138

2.5. ESP8266

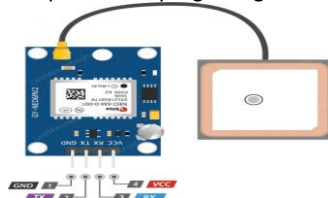
ESP8266 memiliki prosesor terintegrasi dan dapat melakukan pemrograman yang dirancang untuk berbagai aplikasi yang memerlukan koneksi wifi, seperti *remote control*, transmisi data ke server, atau pengambilan data dari internet. Modul-modul pada ESP8266 biasanya digunakan bersama dengan mikrokontroler, seperti Arduino atau NodeMCU untuk menambah kemampuan komunikasi nirkabel perangkat tersebut. ESP8266 berfungsi sebagai modul wifi yang digunakan untuk sistem komunikasi dalam sistem pemantauan kualitas udara, sebagai media komunikasi antara Arduino Uno dan komponen lainnya dalam sistem. Modul ini memungkinkan transmisi data antara sensor yang di *install* dan pengguna melalui jaringan wifi [24].



Gambar 5. ESP8266

2.6. GPS *Ublox* NEO 6M

GPS *Ublox* NEO 6M merupakan aspek integral dalam pembangunan sistem pemantauan kualitas udara secara *portable* yang bergantung pada koordinat GPS. Fungsi dari GPS *Ublox* NEO 6M adalah untuk memastikan posisi dan titik koordinat yang tepat dari alat ukur. Dengan memanfaatkan teknologi GPS, instrumen pemantauan mampu memberikan informasi yang tepat mengenai lokasi pengukuran, sehingga memungkinkan pemantauan kualitas udara yang akurat di berbagai titik. Penyebaran GPS *Ublox* NEO 6M dalam penelitian ini memfasilitasi identifikasi lokasi dalam bentuk koordinat. Perangkat GPS ini memberikan informasi koordinat secara rinci yang berkaitan dengan keberadaan pemantauan. Melalui penyertaan teknologi GPS, pengguna dapat secara akurat membedakan titik yang tepat di mana pengukuran tingkat polutan dilakukan. Akibatnya, kemampuan ini memungkinkan pemantauan kualitas udara di beberapa titik, sehingga menghasilkan kumpulan data yang beragam untuk setiap lokasi.



Gambar 6. GPS *Ublox* NEO 6M

2.7. *Software* Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk pemrograman dan mengembangkan aplikasi untuk mikrokontroler Arduino. Arduino IDE menyediakan berbagai fitur yang memudahkan pengguna dalam menulis, mengedit dan mengunggah kode program ke papan Arduino. Dengan Arduino IDE pengguna dapat membuat program yang memanfaatkan berbagai jenis sensor, aktuator dan perangkat

lainnya yang terhubung ke papan Arduino. Arduino IDE juga menyediakan berbagai pustaka dan contoh program kode yang dapat digunakan untuk memfasilitasi pengembangan proyek.



Gambar 7. *Software* Arduino IDE

2.8. *Software* QGIS

Software QGIS berperan penting dalam integrasi berbagai tahapan yang terlibat dalam mengelola data geografis, QGIS memiliki kemampuan untuk memuat berbagai format data vektor dan raster dari berbagai sumber seperti *file* lokal, *database* spasial dan layanan pemetaan web. Selanjutnya, QGIS juga dapat membantu dalam mengelola data dengan memungkinkan pengguna untuk menambah, menghapus dan memodifikasi fitur pada data vektor, serta memproses dan mengklasifikasikan data raster. Selain itu, QGIS juga menawarkan berbagai alat untuk melakukan analisis data geografis, termasuk operasi tumpang tindih, analisis jarak dan area, *buffering* dan *geocoding*. Kemudian, QGIS memungkinkan pengguna untuk membuat peta yang menawan dan informatif secara visual dengan memilih simbol, warna dan label yang sesuai, menggabungkan legenda dan judul, serta membangun tata letak peta yang kompleks dengan beragam elemen. Akibatnya, QGIS secara efektif dan efisien memberikan dukungan komprehensif untuk mengelola dan menganalisis data geografis [25].



Gambar 8. *Software* QGIS

2.9. LCD Display I2C

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan Indium Oksida dalam bentuk tampilan *seven segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. LCD berfungsi untuk menampilkan data atau hasil kondisi pengujian kualitas udara. I2C (*Inter Integrated Circuit*) adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang di desain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C

terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya [26].



Gambar 9. LCD Display I2C

2.10. ThingSpeak

ThingSpeak adalah platform analitik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pengguna untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis dan memvisualisasikan data dari perangkat atau sensor yang terhubung ke internet. *ThingSpeak* digunakan untuk membuat aplikasi IoT seperti pemantauan lingkungan, pemantauan kualitas udara, sistem *smart home*, atau proyek lainnya secara *real-time*.

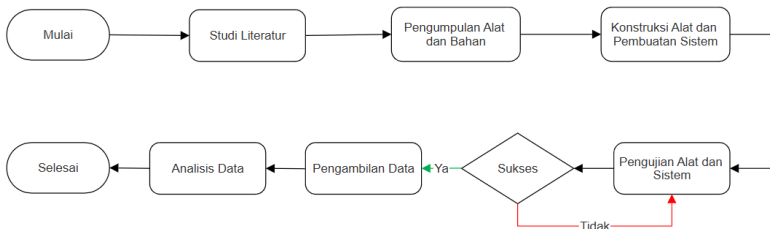


Gambar 10. ThingSpeak

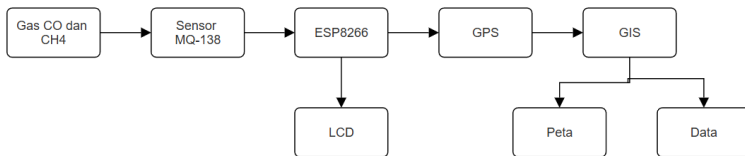
Bab 3. Metodologi Penelitian

3.1. Perancangan Penelitian

Pada perancangan alat dan sistem “Analisis Kualitas Udara dengan Sensor MQ-138 Berkemampuan GPS dan Teknologi Pemetaan Web dengan Metode SIG (Sistem Informasi Geografis) di Kota Batam” melibatkan beberapa tahapan utama, seperti pengumpulan informasi terkait sistem dan alat, pembuatan desain mekanikal maupun elektrikal, perakitan alat hingga pengujian alat dengan pengambilan data simulasi dan penyusunan laporan. Pembuatan diagram alir sangat penting untuk mempermudah tahapan pembuatan alat, berikut adalah diagram alir perancangan sistem “Analisis Kualitas Udara dengan Sensor MQ-138 Berkemampuan GPS dan Teknologi Pemetaan Web dengan Metode SIG (Sistem Informasi Geografis) di Kota Batam”:



Gambar 11. Diagram Alir Rancangan Penelitian

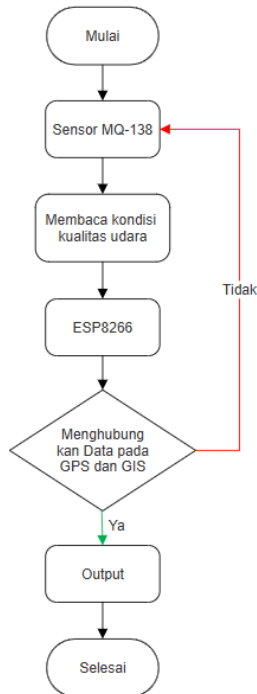


Gambar 12. Blok Diagram Perancangan Alat

3.1.1. Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem menggunakan metode SIG (Sistem Informasi Geografis) yang berfungsi untuk memvisualisasikan data spasial seperti peta, statistik dan grafik. Serta, menganalisis data spasial untuk menemukan pola dan tren yang tidak terlihat pada peta biasa. Pada perancangan sistem ini menggunakan sensor MQ-138, Arduino Uno, ESP8266, GPS dan GIS. Cara kerja dari sensor gas MQ-138 yaitu untuk mendeteksi keberadaan gas CO dan CH4 di

lingkungan sekitarnya, Arduino Uno bekerja untuk memproses sinyal analog dari sensor gas, ESP8266 mengirimkan data sensor gas dan lokasi GPS ke server web, data sensor gas dan lokasi GPS divisualisasikan pada peta menggunakan SIG. Metode SIG bekerja dengan cara memasukkan data, mengolah data, menganalisis data dan hasil data yang dikeluarkan berupa informasi geografis. Dengan mengintegrasikan data spasial, SIG membantu dalam memahami hubungan kualitas udara yang terjadi di beberapa titik di Kota Batam dan membuat keputusan berdasarkan data faktual.



Gambar 13. Diagram Alir Perancangan Sistem

3.1.2. Perancangan Metode Sugeno

1. Kategori Metode Sugeno pada CO

Berikut adalah tabel aturan *Fuzzy Sugeno* untuk konsentrasi CO berdasarkan kategori kualitas udara:

Tabel 7. Kategori CO

No	Kategori	Range (ppm)	Output
1	Baik	0 – 65 ppm	1
2	Sedang	40 – 100 ppm	2
3	Buruk	80 – 300 ppm	3

Tabel ini menunjukkan aturan *Fuzzy Sugeno* untuk menentukan kualitas udara berdasarkan konsentrasi CO yang terdeteksi. Setiap aturan memberikan *output* yang sesuai dengan kategori kualitas udara berdasarkan rentang konsentrasi CO.

Berikut ini adalah rumus fungsi keanggotaan dari kategori senyawa CO:

a) Fungsi Keanggotaan Baik

- Rumus:

$$\mu_{Baik}(X) = \begin{cases} 1 & \text{jika } X \leq 0 \\ 65 - X & \text{jika } 0 < X \leq 65 \\ 0 & \text{jika } X > 65 \end{cases}$$

b) Fungsi Keanggotaan Sedang

- Rumus:

$$\mu_{Sedang}(X) = \begin{cases} 0 & \text{jika } X < 40 \text{ atau } X > 100 \\ \frac{X - 40}{65 - 40} & \text{jika } 40 \leq X \leq 65 \\ \frac{100 - X}{100 - 65} & \text{jika } 65 < X \leq 100 \end{cases}$$

c) Fungsi Keanggotaan Buruk

- Rumus:

$$\mu_{Buruk}(X) = \begin{cases} 0 & \text{jika } X < 80 \text{ atau } X > 300 \\ \frac{X - 80}{150 - 80} & \text{jika } 80 \leq X \leq 150 \\ \frac{300 - X}{300 - 150} & \text{jika } 150 < X \leq 300 \end{cases}$$

2. Kategori Metode Sugeno pada Senyawa CH₄

Berikut adalah aturan *Fuzzy Sugeno* dalam bentuk tabel untuk senyawa CH₄ berdasarkan kategori:

Tabel 8. Kategori CH₄

No	Kategori	Range (ppm)	Output
1	Baik	400 – 550 ppm	1

2	Sedang	500 – 650 ppm	2
3	Buruk	600 – 750 ppm	3

Aturan di dalam tabel ini dapat digunakan sebagai referensi untuk implementasi *Fuzzy Sugeno*, di mana *output* memberikan nilai yang sesuai dengan tingkat bahaya berdasarkan konsentrasi CH₄ yang terdeteksi.

Berikut ini adalah rumus fungsi keanggotaan dari kategori senyawa CH₄:

a) Fungsi Keanggotaan Baik

- Rumus:

$$\mu_{Baik}(X) = \begin{cases} 1 & \text{jika } X \leq 400 \\ \frac{550 - X}{550 - 400} & \text{jika } 400 < X \leq 550 \\ 0 & \text{jika } X > 550 \end{cases}$$

b) Fungsi Keanggotaan Sedang

- Rumus:

$$\mu_{Sedang}(X) = \begin{cases} 0 & \text{jika } X < 500 \text{ atau } X > 650 \\ \frac{X - 500}{550 - 500} & \text{jika } 500 \leq X \leq 550 \\ 1 & \text{jika } 550 < X \leq 600 \\ \frac{650 - X}{650 - 600} & \text{jika } 600 < X \leq 650 \end{cases}$$

c) Fungsi Keanggotaan Buruk

- Rumus:

$$\mu_{Buruk}(X) = \begin{cases} 0 & \text{jika } X < 600 \text{ atau } X > 750 \\ \frac{X - 600}{650 - 600} & \text{jika } 600 \leq X \leq 650 \\ 1 & \text{jika } 650 < X \leq 700 \\ \frac{750 - X}{750 - 700} & \text{jika } 700 < X \leq 750 \end{cases}$$

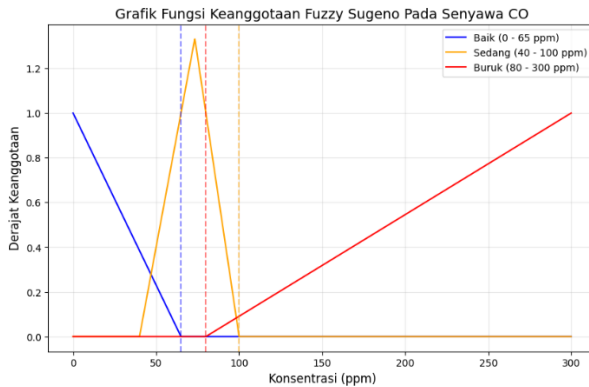
3. *Rule* (aturan) Metode Sugeno pada Senyawa CO dan CH₄

Setiap aturan dalam metode *Fuzzy Sugeno* menghasilkan *output* yang berupa nilai konstan. Berikut adalah contoh aturan dengan nilai konstan untuk masing-masing kategori:

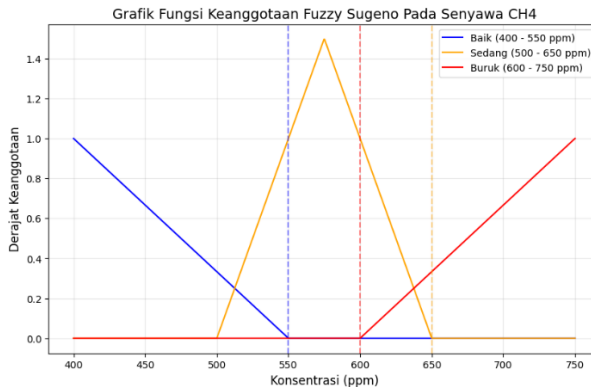
Tabel 9. Rule Fuzzy Sugeno Pada CO dan CH₄

CO	Baik	Sedang	Buruk
CH ₄			

Baik	Baik	Sedang	Buruk
Sedang	Sedang	Sedang	Buruk
Buruk	Buruk	Buruk	Buruk



Gambar 14. Grafik Senyawa CO



Gambar 15. Grafik Senyawa CH4

4. Pembahasan Terkait Rumus Metode *Fuzzy Sugeno*

Pada *output* metode *Fuzzy Sugeno* menggunakan *height method* pada tahapan defuzzifikasi. Dengan menggunakan *MIN* sebagai perhitungan pada nilai CO dan CH4. *MIN* digunakan sebagai perhitungan dalam operasi logika *AND*, karena menggunakan dua *input* dan satu *output*, sehingga menggunakan logika *AND*. Berikut adalah contoh perhitungan pada metode *Fuzzy Sugeno*:

Input data 1:

Sekupang

CO : 66 ppm (sedang)

CH4 : 830 ppm (buruk)

• **Fuzzifikasi**

a. CO

$$\text{Baik} = X > 65 = 0$$

$$\text{Sedang} = 65 < X \leq 100 = \frac{100 - X}{100 - 65} = \frac{100 - 66}{100 - 65} = \frac{34}{35} = 0,97$$

$$\text{Buruk} = X < 80 = 0$$

b. CH4

$$\text{Baik} = X > 550 = 0$$

$$\text{Sedang} = X > 650 = 0$$

$$\text{Buruk} = 800 < X \leq 850 = \frac{850 - X}{850 - 800} = \frac{850 - 830}{850 - 800} = \frac{20}{50} = 0,4$$

• **Inferensi**

[Rule 1] : *If* CO baik && CH4 baik *Then* kualitas udara **baik**

[R1] CO + CH4 = *Output*

baik + baik = baik (1)

$W_i = \min(\text{CO} ; \text{CH4})$

$W_i = \min(0 ; 0)$

$W_i = 0$

$Z_i = 1$

[Rule 2] : *If* CO baik && CH4 sedang *Then* kualitas udara **sedang**

[R2] CO + CH4 = *Output*

baik + sedang = sedang (2)

$W_i = \min(\text{CO} ; \text{CH4})$

$W_i = \min(0 ; 0)$

$W_i = 0$

$Z_i = 2$

[Rule 3] : *If* CO baik && CH4 buruk *Then* kualitas udara **buruk**

[R3] CO + CH4 = *Output*

baik + buruk = buruk (3)

$W_i = \min(\text{CO} ; \text{CH4})$

$W_i = \min(0 ; 0,4)$

$W_i = 0$

$Z_i = 3$

[Rule 4] : *If* CO sedang && CH4 baik *Then* kualitas udara **sedang**

[R4] CO + CH4 = *Output*

sedang + baik = sedang (2)

$W_i = \min(\text{CO} ; \text{CH}_4)$

$W_i = \min(0,97 ; 0)$

$W_i = 0$

$Z_i = 2$

[Rule 5] : *If* CO sedang && CH4 sedang *Then* kualitas udara **sedang**

[R5] CO + CH4 = *Output*

sedang + sedang = sedang (2)

$W_i = \min(\text{CO} ; \text{CH}_4)$

$W_i = \min(0,97 ; 0)$

$W_i = 0$

$Z_i = 2$

[Rule 6] : *If* CO sedang && CH4 buruk *Then* kualitas udara **buruk**

[R6] CO + CH4 = *Output*

sedang + buruk = buruk (3)

$W_i = \min(\text{CO} ; \text{CH}_4)$

$W_i = \min(0,97 ; 0,4)$

$W_i = 0,4$

$Z_i = 3$

[Rule 7] : *If* CO buruk && CH4 baik *Then* kualitas udara **buruk**

[R7] CO + CH4 = *Output*

buruk + baik = buruk (3)

$W_i = \min(\text{CO} ; \text{CH}_4)$

$W_i = \min(0 ; 0)$

$W_i = 0$

$Z_i = 3$

[Rule 8] : *If* CO buruk && CH4 sedang *Then* kualitas udara **buruk**

[R8] CO + CH4 = *Output*

buruk + sedang = buruk (3)

$W_i = \min(\text{CO} ; \text{CH}_4)$

$W_i = \min(0 ; 0)$

$W_i = 0$

$$Z_i = 3$$

[Rule 9] : If CO buruk && CH4 buruk Then kualitas udara **buruk**

[R9] CO + CH4 = *Output*

buruk + buruk = buruk (3)

$W_i = \min(\text{CO}; \text{CH4})$

$W_i = \min(0; 0,4)$

$W_i = 0$

$$Z_i = 3$$

- **Defuzzifikasi**

$$Z_{final} = \frac{\sum iW_iZ_i}{\sum iW_i}$$

$$Z_{final} = \frac{(0X1) + (0X2) + (0X3) + (0X2) + (0X2) + (0,4X3) + (0X3) + (0X3) + (0X3)}{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0,4 + 0 + 0 + 0}$$

$$Z_{final} = \frac{1,2}{0,4} = 3 \text{ (Buruk)}$$

Sesuai dengan logika AND hasil *output* pada tahapan defuzzifikasi adalah angka 3, di mana pada metode *Fuzzy Sugeno* menandakan bahwa kualitas udara tergolong pada kategori “buruk”.

Input data 2:

Batu Aji

CO : 111 ppm (buruk)

CH4 : 670 ppm (buruk)

- **Fuzzifikasi**

a. CO

Baik = $X > 65 = 0$

Sedang = $X > 100 = 0$

Buruk = $80 \leq X \leq 150 = \frac{X-80}{150-80} = \frac{111-80}{150-80} = \frac{31}{70} = 0,44$

b. CH4

Baik = $X > 550 = 0$

Sedang = $X > 650 = 0$

Buruk = $650 < X \leq 700 = 1$

- **Inferensi**

[Rule 1] : If CO baik && CH4 baik Then kualitas udara **baik**

[R1] CO + CH4 = *Output*
baik + baik = baik (1)
 $W_i = \min(\text{CO}; \text{CH4})$
 $W_i = \min(0; 0)$
 $W_i = 0$

$Z_i = 1$

[Rule 2] : *If* CO baik && CH4 sedang *Then* kualitas udara **sedang**

[R2] CO + CH4 = *Output*
baik + sedang = sedang (2)
 $W_i = \min(\text{CO}; \text{CH4})$
 $W_i = \min(0; 0)$
 $W_i = 0$

$Z_i = 2$

[Rule 3] : *If* CO baik && CH4 buruk *Then* kualitas udara **buruk**

[R3] CO + CH4 = *Output*
baik + buruk = buruk (3)
 $W_i = \min(\text{CO}; \text{CH4})$
 $W_i = \min(0; 1)$
 $W_i = 0$

$Z_i = 3$

[Rule 4] : *If* CO sedang && CH4 baik *Then* kualitas udara **sedang**

[R4] CO + CH4 = *Output*
sedang + baik = sedang (2)
 $W_i = \min(\text{CO}; \text{CH4})$
 $W_i = \min(0; 0)$
 $W_i = 0$

$Z_i = 2$

[Rule 5] : *If* CO sedang && CH4 sedang *Then* kualitas udara **sedang**

[R5] CO + CH4 = *Output*
sedang + sedang = sedang (2)
 $W_i = \min(\text{CO}; \text{CH4})$
 $W_i = \min(0; 0)$
 $W_i = 0$

Zi = 2

[Rule 6] : *If* CO sedang && CH4 buruk *Then* kualitas udara **buruk**

[R6] CO + CH4 = *Output*

sedang + buruk = buruk (3)

Wi = *min* (CO ; CH4)

Wi = *min* (0 ; 1)

Wi = 0

Zi = 3

[Rule 7] : *If* CO buruk && CH4 baik *Then* kualitas udara **buruk**

[R7] CO + CH4 = *Output*

buruk + baik = buruk (3)

Wi = *min* (CO ; CH4)

Wi = *min* (0,44 ; 0)

Wi = 0

Zi = 3

[Rule 8] : *If* CO buruk && CH4 sedang *Then* kualitas udara **buruk**

[R8] CO + CH4 = *Output*

buruk + sedang = buruk (3)

Wi = *min* (CO ; CH4)

Wi = *min* (0,44 ; 0)

Wi = 0

Zi = 3

[Rule 9] : *If* CO buruk && CH4 buruk *Then* kualitas udara **buruk**

[R9] CO + CH4 = *Output*

buruk + buruk = buruk (3)

Wi = *min* (CO ; CH4)

Wi = *min* (0,44 ; 1)

Wi = 0,44

Zi = 3

- **Defuzzifikasi**

$$Z_{final} = \frac{\sum iWiZi}{\sum iWi}$$

$$Z_{final} = \frac{(0X1) + (0X2) + (0X3) + (0X2) + (0X2) + (0X3) + (0X3) + (0,44X3)}{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0,44}$$

$$Z_{final} = \frac{1,32}{0,44} = 3 \text{ (Buruk)}$$

Sesuai dengan logika *AND* hasil *output* pada tahapan defuzzifikasi adalah angka 3, di mana pada metode *Fuzzy Sugeno* menandakan bahwa kualitas udara tergolong pada kategori “buruk”.

Input data 3:

Nongsa

CO : 50 ppm (baik)

CH4 : 393 ppm (baik)

- **Fuzzifikasi**

- a. CO

$$\text{Baik} = 0 < X \leq 65 = \frac{65 - X}{65 - 0} = \frac{65 - 50}{65 - 0} = \frac{15}{65} = 0,23$$

$$\text{Sedang} = 40 \leq X \leq 65 = \frac{X - 40}{65 - 40} = \frac{50 - 40}{65 - 40} = \frac{10}{25} = 0,4$$

$$\text{Buruk} = X < 80 = 0$$

- b. CH4

$$\text{Baik} = X \leq 400 = 1$$

$$\text{Sedang} = X < 500 = 0$$

$$\text{Buruk} = X < 600 = 0$$

- **Inferensi**

[Rule 1] : *If* CO baik && CH4 baik *Then* kualitas udara **baik**

[R1] CO + CH4 = *Output*

baik + baik = baik (1)

$W_i = \min(\text{CO} ; \text{CH4})$

$W_i = \min(0,23 ; 1)$

$W_i = 0,23$

$Z_i = 1$

[Rule 2] : *If* CO baik && CH4 sedang *Then* kualitas udara **sedang**

[R2] CO + CH4 = *Output*

baik + sedang = sedang (2)

$W_i = \min(\text{CO} ; \text{CH4})$

$$W_i = \min(0,23 ; 0)$$

$$W_i = 0$$

$$Z_i = 2$$

[Rule 3] : *If* CO baik && CH4 buruk *Then* kualitas udara **buruk**

[R3] CO + CH4 = *Output*

baik + buruk = buruk (3)

$$W_i = \min(CO ; CH4)$$

$$W_i = \min(0,23 ; 0)$$

$$W_i = 0$$

$$Z_i = 3$$

[Rule 4] : *If* CO sedang && CH4 baik *Then* kualitas udara **sedang**

[R4] CO + CH4 = *Output*

sedang + baik = sedang (2)

$$W_i = \min(CO ; CH4)$$

$$W_i = \min(0,4 ; 1)$$

$$W_i = 0,4$$

$$Z_i = 2$$

[Rule 5] : *If* CO sedang && CH4 sedang *Then* kualitas udara **sedang**

[R5] CO + CH4 = *Output*

sedang + sedang = sedang (2)

$$W_i = \min(CO ; CH4)$$

$$W_i = \min(0,4 ; 0)$$

$$W_i = 0$$

$$Z_i = 2$$

[Rule 6] : *If* CO sedang && CH4 buruk *Then* kualitas udara **buruk**

[R6] CO + CH4 = *Output*

sedang + buruk = buruk (3)

$$W_i = \min(CO ; CH4)$$

$$W_i = \min(0,4 ; 0)$$

$$W_i = 0$$

$$Z_i = 3$$

[Rule 7] : *If* CO buruk && CH4 baik *Then* kualitas udara **buruk**

[R7] CO + CH4 = *Output*
 buruk + baik = buruk (3)
 $W_i = \min(\text{CO}; \text{CH4})$
 $W_i = \min(0; 1)$
 $W_i = 0$

$Z_i = 3$

[Rule 8] : *If* CO buruk && CH4 sedang *Then* kualitas udara **buruk**

[R8] CO + CH4 = *Output*
 buruk + sedang = buruk (3)
 $W_i = \min(\text{CO}; \text{CH4})$
 $W_i = \min(0; 0)$
 $W_i = 0$

$Z_i = 3$

[Rule 9] : *If* CO buruk && CH4 buruk *Then* kualitas udara **buruk**

[R9] CO + CH4 = *Output*
 buruk + buruk = buruk (3)
 $W_i = \min(\text{CO}; \text{CH4})$
 $W_i = \min(0; 0)$
 $W_i = 0$

$Z_i = 3$

- **Defuzzifikasi**

$$Z_{final} = \frac{\sum iW_iZ_i}{\sum iW_i}$$

$$Z_{final} = \frac{(0,23 \times 1) + (0 \times 2) + (0 \times 3) + (0,4 \times 2) + (0 \times 2) + (0 \times 3) + (0 \times 3) + (0 \times 3) + (0 \times 3)}{0,23 + 0 + 0 + 0,4 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0}$$

$$Z_{final} = \frac{1,03}{0,63} = 1,63 \text{ (Baik)}$$

Sesuai dengan logika AND hasil output pada tahapan defuzzifikasi adalah angka 1, di mana pada metode *Fuzzy Sugeno* menandakan bahwa kualitas udara tergolong pada kategori “baik”.

Input data 4:

Punggur

CO : 167 ppm (buruk)

CH4 : 838 ppm (buruk)

- **Fuzzifikasi**

- a. CO

$$\text{Baik} = X > 65 = 0$$

$$\text{Sedang} = X > 100 = 0$$

$$\text{Buruk} = 150 < X \leq 300 = \frac{300 - X}{300 - 150} = \frac{300 - 167}{300 - 150} = \frac{133}{150} = 0,88$$

- b. CH4

$$\text{Baik} = X > 550 = 0$$

$$\text{Sedang} = X > 650 = 0$$

$$\text{Buruk} = 800 < X \leq 850 = \frac{850 - X}{850 - 800} = \frac{850 - 838}{850 - 800} = \frac{12}{50} = 0,24$$

- **Inferensi**

[Rule 1] : *If* CO baik && CH4 baik *Then* kualitas udara **baik**

[R1] CO + CH4 = *Output*

$$\text{baik} + \text{baik} = \text{baik} (1)$$

$$W_i = \min (CO ; CH4)$$

$$W_i = \min (0 ; 0)$$

$$W_i = 0$$

$$Z_i = 1$$

[Rule 2] : *If* CO baik && CH4 sedang *Then* kualitas udara **sedang**

[R2] CO + CH4 = *Output*

$$\text{baik} + \text{sedang} = \text{sedang} (2)$$

$$W_i = \min (CO ; CH4)$$

$$W_i = \min (0 ; 0)$$

$$W_i = 0$$

$$Z_i = 2$$

[Rule 3] : *If* CO baik && CH4 buruk *Then* kualitas udara **buruk**

[R3] CO + CH4 = *Output*

$$\text{baik} + \text{buruk} = \text{buruk} (3)$$

$$W_i = \min (CO ; CH4)$$

$$W_i = \min (0 ; 0,24)$$

$$W_i = 0$$

$$Z_i = 3$$

[Rule 4] : *If* CO sedang && CH4 baik *Then* kualitas udara **sedang**

[R4] CO + CH4 = *Output*

sedang + baik = sedang (2)

$$W_i = \min(\text{CO} ; \text{CH4})$$

$$W_i = \min(0 ; 0)$$

$$W_i = 0$$

$$Z_i = 2$$

[Rule 5] : *If* CO sedang && CH4 sedang *Then* kualitas udara **sedang**

[R5] CO + CH4 = *Output*

sedang + sedang = sedang (2)

$$W_i = \min(\text{CO} ; \text{CH4})$$

$$W_i = \min(0 ; 0)$$

$$W_i = 0$$

$$Z_i = 2$$

[Rule 6] : *If* CO sedang && CH4 buruk *Then* kualitas udara **buruk**

[R6] CO + CH4 = *Output*

sedang + buruk = buruk (3)

$$W_i = \min(\text{CO} ; \text{CH4})$$

$$W_i = \min(0 ; 0,24)$$

$$W_i = 0$$

$$Z_i = 3$$

[Rule 7] : *If* CO buruk && CH4 baik *Then* kualitas udara **buruk**

[R7] CO + CH4 = *Output*

buruk + baik = buruk (3)

$$W_i = \min(\text{CO} ; \text{CH4})$$

$$W_i = \min(0,88 ; 0)$$

$$W_i = 0$$

$$Z_i = 3$$

[Rule 8] : *If* CO buruk && CH4 sedang *Then* kualitas udara **buruk**

[R8] CO + CH4 = *Output*

buruk + sedang = buruk (3)

$$W_i = \min(\text{CO} ; \text{CH4})$$

$$W_i = \min(0,88 ; 0)$$

$$W_i = 0$$

$$Z_i = 3$$

[Rule 9] : If CO buruk && CH4 buruk Then kualitas udara **buruk**

[R9] CO + CH4 = Output

buruk + buruk = buruk (3)

$$W_i = \min(CO ; CH4)$$

$$W_i = \min(0,88 ; 0,24)$$

$$W_i = 0,24$$

$$Z_i = 3$$

- **Defuzzifikasi**

$$Z_{final} = \frac{\sum iW_iZ_i}{\sum iW_i}$$

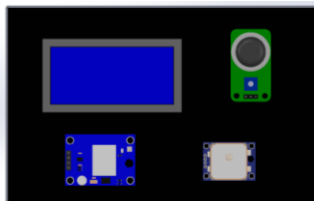
$$\begin{aligned} Z_{final} &= \frac{(0X1) + (0X2) + (0X3) + (0X2) + (0X2) + (0X3) + (0X3) + (0X3) + (0,24X3)}{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0,24} \end{aligned}$$

$$Z_{final} = \frac{0,72}{0,24} = 3 \text{ (Buruk)}$$

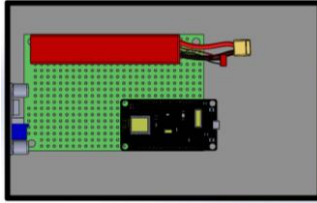
Sesuai dengan logika AND hasil *output* pada tahapan defuzzifikasi adalah angka 3, di mana pada metode *Fuzzy Sugeno* menandakan bahwa kualitas udara tergolong pada kategori “buruk”.

3.1.3. Perancangan Desain Mekanikal

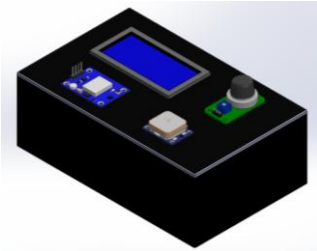
Berikut adalah perancangan desain mekanikal sistem pendeteksi kualitas udara menggunakan sensor MQ-138.



Gambar 16. Tampak Luar



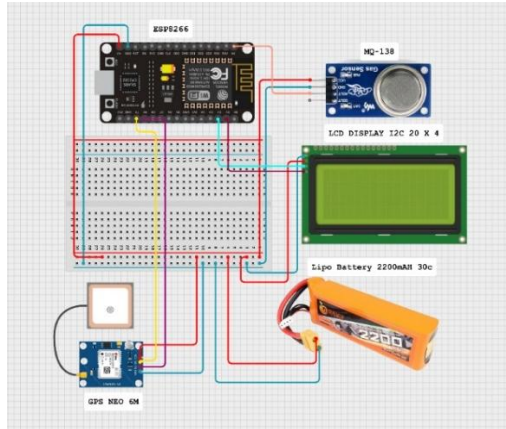
Gambar 17. Tampak Dalam



Gambar 18. Tampak Samping

3.1.4. Perancangan Desain Elektrikal

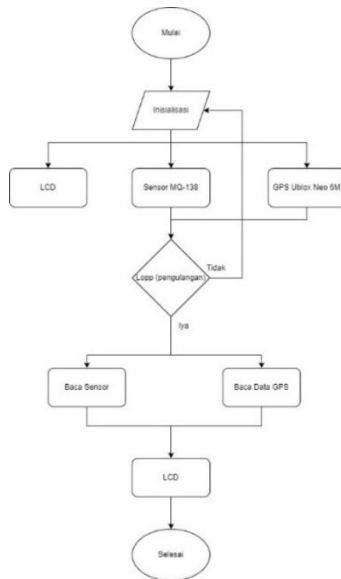
Pada perancangan desain elektrikal menggunakan tambahan baterai sebagai sumber daya yang dibagi ke beberapa komponen yaitu sensor, GPS, LCD *Display* dan ESP8266. Masing-masing G (*ground*) dan VCC terhubung ke baterai. Selanjutnya, pada sensor pin AOUT terhubung ke pin A0 pada ESP untuk membaca data sensor, SDA dan SCL pada LCD dihubungkan ke pin D1 dan D2 pada ESP untuk menghidupkan dan menampilkan tulisan sesuai perintah, kemudian pin RX pada GPS dihubungkan ke pin TX pada ESP, lalu pin TX pada GPS dihubungkan dengan pin RX pada ESP guna memberikan informasi terkait titik *latitude* dan *longitude*. Berikut adalah perancangan desain elektrikal sistem pendeteksi kualitas udara menggunakan sensor MQ-138, LCD *Display* I2C, ESP8266, GPS *Ublox* NEO 6M.



Gambar 19. Desain Elektrikal

3.1.5. Perancangan Pemrograman

Berikut adalah perancangan pemrograman pada sistem pendeteksi kualitas udara dengan menggunakan sensor MQ-138, LCD *Display* I2C, ESP8266, GPS *Ublox* NEO 6M.



Gambar 20. Diagram Alir Program

3.2. Pengujian


Setelah menentukan alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini, akan dilanjutkan dengan pengujian alat dan sistem. Tujuan diadakannya pengujian alat dan sistem adalah untuk memperoleh data yang akurat, berkualitas dan informatif. Pada pengujian ini menggunakan sensor MQ-138, ESP8266, GPS dan GIS. Sensor MQ-138 digunakan untuk mendeteksi kualitas udara seperti CO dan CH4. Pengujian ketahanan menguji kemampuan sensor dan sistem untuk beroperasi dalam kondisi lingkungan yang berbeda di tiap titik.

3.2.1. Pengujian Alat

Pada pengujian analisis kualitas udara ini memerlukan pengujian alat. Pengujian alat merupakan langkah penting untuk memastikan keakuratan, keandalan dan keefektifan alat dalam memantau atau mengukur kualitas udara. Pengujian yang komprehensif harus dilakukan untuk memastikan bahwa alat yang digunakan bekerja dengan baik. Dalam pengujian alat ini, menggunakan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) sebagai indikator untuk mengukur dan mengkomunikasikan tingkat kualitas udara di suatu lokasi tertentu.

Tabel 10. Lokasi Pengujian

No	Lokasi	Peta
1	Sekupang, Sungai Harapan (Jl. RE Martadinata, Sungai Harapan, Sekupang, Kota Batam, Provinsi Kepulauan Riau, 29425)	
2	Batu Aji, Bundaran Simpang Barelang (Bundaran Simpang Barelang, Kecamatan Batu Aji, Kota Batam, Kepulauan Riau, 29424)	
3	Nongsa, Nongsa Digital Park (Jl. Hang Lekiu, Nongsa, Kota Batam, Kepulauan Riau, 29452)	

4	Punggur, Bundaran Punggur (Bundaran Punggur, Muka Kuning, Kecamatan Sei Beduk, Kota Batam, Kepulauan Riau, 29433)	
---	---	---

Tabel 11. Tabel Pengujian Alat

No	Lokasi	Range Waktu	Range (ppm)	Senyawa	Keterangan
1	Sekupang, Sungai Harapan			CO	
				CH4	
2	Batu Aji, Bundaran Simpang Barelang			CO	
				CH4	
3	Nongsa, Nongsa <i>Digital Park</i>			CO	
				CH4	
4	Punggur, Bundaran Punggur			CO	
				CH4	

3.2.2. Pengujian Sistem

Pada pengujian analisis kualitas udara ini selain memerlukan pengujian alat, juga memerlukan pengujian sistem. Dengan melakukan pengujian sistem yang komprehensif, dapat memastikan bahwa sistem analisis kualitas udara memberikan data yang akurat, mudah dipahami dan bersifat informatif.

3.2.2.1. Pengujian Sistem pada *ThingSpeak*

Pada pengujian sistem ini menggunakan *website ThingSpeak* guna mengirimkan dan menyimpan data berupa .CSV. Pada *ThingSpeak* juga akan menampilkan grafik secara *real-time* dari kualitas udara yang terdeteksi.

3.2.2.2. Pengujian Sistem pada *Fuzzy Sugeno*

Pada pengujian sistem menggunakan metode *Fuzzy Sugeno*, hasil pengujian akan disajikan dalam bentuk grafik batang aktual dan prediksi yang menggambarkan tingkat akurasi prediksi dalam mengklasifikasi status keterangan kualitas udara sesuai dengan data yang di dapat. Selain itu, analisis juga dilengkapi dengan visualisasi berupa grafik untuk memudahkan interpretasi pola dan tren yang dihasilkan oleh sistem. Penyajian grafik batang aktual-prediksi dan grafik ini bertujuan untuk memberikan informasi yang lengkap dan mudah dipahami terkait keakuratan serta efektivitas metode *Fuzzy Sugeno*.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pembuatan Alat

Setelah desain mekanikal selesai dirancang, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan bahan dan pengerjaan alat. Berikut merupakan hasil dari pembuatan alat:

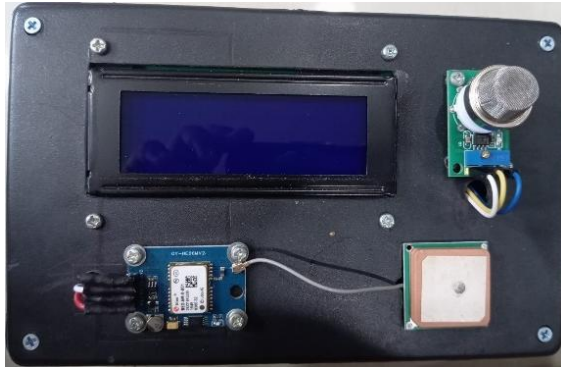
- 1) Instalasi Elektrikal pada Komponen



Gambar 21. Hasil Elektrikal

Instalasi elektrikal dilakukan dengan melakukan *wiring* semua komponen elektrikal ke mikrokontroler. Instalasi ini dimulai dari baterai sebagai sumber daya, di mana kutub positif dan negatif dihubungkan ke terminal *input* positif dan negatif modul *stepdown*, kemudian terminal *ouput* positif dan negatif dari modul *stepdown* ini dihubungkan ke pin VCC dan GND komponen ESP8266, MQ-138, LCD dan GPS. Pin A0 pada ESP8266 dihubungkan ke pin AOUT pada sensor MQ-138 untuk pembacaan data analog. Komunikasi antara ESP8266 dan LCD menggunakan protokol I2C, di mana pin SDA LCD terhubung ke pin D2 ESP8266 dan pin SCL LCD terhubung ke pin D1 ESP8266. Modul GPS terhubung melalui komunikasi serial, dengan pin TX GPS dihubungkan ke RX ESP8266 dan pin RX GPS dihubungkan ke TX ESP8266.

2) Mekanikal pada Alat



Gambar 22. Hasil Mekanikal

Pada sistem ini terdiri dari beberapa komponen mekanikal yang saling terintegrasi untuk mendukung fungsionalitas. *Black box* berfungsi sebagai unit penyimpanan utama yang berisikan PCB, baterai Li-Po, *stepdown* dan ESP8266 dibagian dalam *box*, sedangkan pada bagian luar menampilkan LCD *Display* I2C, sensor MQ-138 dan GPS. *Black box* yang digunakan berukuran 11,5 cm x 18,5 cm x 6,5 cm.

4.2. Data Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.2.1. Kalibrasi Alat

Kalibrasi sensor MQ-138 dilakukan untuk memastikan akurasi dalam mendeteksi konsentrasi gas, proses ini sangat penting untuk mendapatkan data yang akurat dalam menganalisis kualitas udara dengan metode SIG (Sistem Informasi Geografis). Kalibrasi perlu dilakukan secara berkala untuk memastikan akurasi dan keandalan pengukuran dalam jangka panjang. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil kalibrasi yaitu temperatur dan kelembapan, paparan gas lain, umur sensor serta kerusakan fisik yang dapat mengubah karakteristik pengukuran. Nilai 0.00 ppm setelah dikalibrasi menunjukkan bahwa proses kalibrasi dilakukan dalam kondisi udara bersih tanpa keberadaan gas yang terdeteksi, baik itu CO maupun CH₄. Hal ini penting karena nilai referensi resistansi sensor (R_0) harus ditetapkan dalam kondisi standar agar sensor dapat memberikan hasil yang akurat dalam mendeteksi peningkatan konsentrasi gas di lingkungan yang berbeda. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa sensor MQ-138 dapat memberikan *output* tegangan yang sesuai dengan konsentrasi gas yang terdeteksi.

Untuk memverifikasi keakuratan hasil kalibrasi, data dibandingkan dengan hasil alat AeroTrak yang mampu mengukur kualitas udara dalam volume kecil dan presisi tinggi. Data kalibrasi dan *range* pengukuran sensor dari hasil kalibrasi, diperoleh nilai resistansi referensi (Ro) CO di 5.24 ppm dan resistansi referensi (Ro) CH4 di 5.82 ppm. Dalam kalibrasi ini hasil pengukuran menunjukkan 0.00 ppm untuk kedua gas tersebut, yang di mana hal ini menandakan bahwa proses kalibrasi dilakukan dalam kondisi udara bersih tanpa adanya kontaminasi gas CO dan CH4. Dengan *range* pengukuran 0 sampai 100 ppm untuk CO dan 0 sampai 50 ppm untuk CH4, menunjukkan sensitivitas sensor terhadap variasi konsentrasi gas dalam lingkungan. Dengan nilai referensi Ro yang diperoleh dari udara bersih, sensor dapat mendeteksi konsentrasi gas dalam rentang tersebut dengan akurat. Kalibrasi dilakukan dengan volume udara sebesar 0.01 m³ (10 liter) menggunakan alat AeroTrak. Volume ini cukup kecil untuk memastikan bahwa pengukuran dilakukan dalam lingkungan yang terkendali atau lingkungan bersih, sehingga gas yang terdeteksi benar-benar berasal dari udara di sekitar sensor. AeroTrak mengukur partikel udara dalam berbagai ukuran (0.3 µm hingga 10 µm) untuk memastikan tidak ada kontaminasi. Hasil pengukuran 0 ppm setelah di kalibrasi menunjukkan bahwa hasil sensor mampu mendeteksi kondisi udara bersih dengan baik. Hasil dari AeroTrak menunjukkan bahwa partikel udara berada pada tingkat nol, yang mendukung keakuratan kondisi udara bersih selama kalibrasi. Oleh karena itu, alat ini dapat digunakan sebagai pembanding untuk memastikan bahwa kondisi udara selama kalibrasi adalah ideal. Berikut adalah hasil pengujian pada alat yang sudah terkalibrasi dengan alat pembanding AeroTrak:

NO	WAKTU	KADAR CO (ppm)	KATEGORI CO	KADAR CH4 (ppm)	KATEGORI CH4	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
1	17:38:09	169.35484	BURUK	846.77423	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
2	17:38:30	167.74194	BURUK	838.70972	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
3	17:38:52	183.87097	BURUK	919.35486	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
4	17:39:14	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
5	17:39:35	177.41936	BURUK	879.03223	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
6	17:39:57	179.03226	BURUK	879.03223	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
7	17:40:18	174.19354	BURUK	854.83875	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
8	17:40:39	175.80646	BURUK	887.09674	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
9	17:41:01	179.03226	BURUK	911.29034	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
10	17:41:23	169.35484	BURUK	879.03223	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
11	17:41:44	170.96774	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
12	17:42:06	167.74194	BURUK	943.5484	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
13	17:42:29	175.80646	BURUK	919.35486	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
14	17:44:17	175.80646	BURUK	967.74188	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
15	17:44:39	170.96774	BURUK	919.35486	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
16	17:45:00	177.41936	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
17	17:45:22	182.25807	BURUK	879.03223	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
18	17:45:44	182.25807	BURUK	911.29034	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507

19	17:46:05	177.41936	BURUK	887.09674	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
20	17:46:27	180.64517	BURUK	903.22583	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
21	17:46:52	180.64517	BURUK	903.22583	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
22	17:47:13	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
23	17:47:35	180.64517	BURUK	903.22583	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
24	17:47:57	180.64517	BURUK	903.22583	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
25	17:48:18	183.87097	BURUK	919.35486	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
26	17:48:40	187.09677	BURUK	935.48389	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
27	17:49:02	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
28	17:49:23	190.32257	BURUK	951.61292	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
29	17:49:45	180.64517	BURUK	903.22583	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
30	17:50:07	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
31	17:50:28	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
32	17:50:50	182.25807	BURUK	911.29034	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
33	17:51:12	180.64517	BURUK	903.22583	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
34	17:51:33	182.25807	BURUK	911.29034	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
35	17:51:55	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
36	17:52:17	185.48387	BURUK	927.41937	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
37	17:52:38	180.64517	BURUK	903.22583	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
38	17:53:00	175.80646	BURUK	879.03223	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
39	17:53:22	185.48387	BURUK	927.41937	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
40	17:53:43	187.09677	BURUK	935.48389	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
41	17:54:05	183.87097	BURUK	919.35486	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
42	17:54:27	241.93547	BURUK	1209.67737	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
43	17:54:48	174.19354	BURUK	870.96777	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
44	17:55:10	167.74194	BURUK	838.70972	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
45	17:55:32	180.64517	BURUK	903.22583	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
46	17:55:53	175.80646	BURUK	879.03223	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
47	17:56:58	169.35484	BURUK	846.77423	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
48	17:57:20	195.16129	BURUK	975.8064	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
49	17:57:43	169.35484	BURUK	846.77423	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
50	17:58:21	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507

Gambar 23. Tabel Pengujian Alat Terkalibrasi

Hasil alat kalibrasi yang sudah dibandingkan dengan alat pembanding berupa AeroTrak, menghasilkan *range* hasil pengujian yang sama dengan hasil pengujian dari alat kalibrasi tanpa pembanding pada titik Punggur. Menandakan bahwa hasil pengujian yang dilakukan sudah akurat dan hasil data merupakan data valid sesuai dengan hasil yang didapatkan.

4.2.2. Pengujian Alat

Pengujian alat untuk memantau kualitas udara kotor di empat titik lokasi Kota Batam, yaitu Sekupang, Batu Aji, Nongsa dan Punggur dengan menggunakan sensor MQ-138, yang dirancang untuk mendeteksi senyawa Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH₄) di udara. Sensor MQ-138 mampu mendeteksi kualitas udara dengan radius 2.5 meter. Berikut adalah hasil pengujian alat di keempat titik lokasi tersebut dengan kondisi cuaca cerah (panas).

- Sekupang:

NO	WAKTU	KADAR CO (ppm)	KATEGORI CO	KADAR CH4 (ppm)	KATEGORI CH4	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
1	17:38:09	61.93549	BAIK	774.19354	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
2	17:38:30	65.80646	SEDANG	822.58069	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
3	17:38:52	68.3871	SEDANG	854.83875	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
4	17:39:14	67.74194	SEDANG	846.77423	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
5	17:39:35	67.09678	SEDANG	838.70972	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
6	17:39:57	66.45161	SEDANG	830.6452	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
7	17:40:18	69.67742	SEDANG	870.96777	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
8	17:40:39	67.09678	SEDANG	838.70972	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
9	17:41:01	74.19355	SEDANG	927.41937	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
10	17:41:23	67.74194	SEDANG	846.77423	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
11	17:41:44	69.67742	SEDANG	870.96777	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
12	17:42:06	66.45161	SEDANG	830.6452	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
13	17:42:29	66.45161	SEDANG	830.6452	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
14	17:44:17	67.74194	SEDANG	846.77423	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
15	17:44:39	68.3871	SEDANG	854.83875	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
16	17:45:00	72.25806	SEDANG	903.22583	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
17	17:45:22	72.90323	SEDANG	911.29034	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
18	17:45:44	71.6129	SEDANG	895.16125	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
19	17:46:05	74.83871	SEDANG	935.48389	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
20	17:46:27	67.09678	SEDANG	838.70972	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
21	17:46:52	66.45161	SEDANG	830.6452	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
22	17:47:13	70.32258	SEDANG	879.03223	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
23	17:47:35	70.32258	SEDANG	879.03223	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
24	17:47:57	65.80646	SEDANG	822.58069	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
25	17:48:18	66.45161	SEDANG	830.6452	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
26	17:48:40	70.96774	SEDANG	887.09674	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
27	17:49:02	64.51613	BAIK	806.45154	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
28	17:49:23	66.45161	SEDANG	830.6452	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
29	17:49:45	67.09678	SEDANG	838.70972	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
30	17:50:07	67.09678	SEDANG	838.70972	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
31	17:50:28	65.16129	SEDANG	814.51605	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
32	17:50:50	65.16129	SEDANG	814.51605	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
33	17:51:12	65.16129	SEDANG	814.51605	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
34	17:51:33	70.32258	SEDANG	879.03223	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
35	17:51:55	69.67742	SEDANG	870.96777	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
36	17:52:17	65.16129	SEDANG	814.51605	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
37	17:52:38	65.16129	SEDANG	814.51605	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
38	17:53:00	69.67742	SEDANG	870.96777	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
39	17:53:22	64.51613	BAIK	806.45154	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
40	17:53:43	74.19355	SEDANG	927.41937	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
41	17:54:05	66.45161	SEDANG	830.6452	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
42	17:54:27	65.16129	SEDANG	814.51605	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
43	17:54:48	67.09678	SEDANG	838.70972	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
44	17:55:10	64.51613	BAIK	806.45154	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
45	17:55:32	65.16129	SEDANG	814.51605	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
46	17:55:53	64.51613	BAIK	806.45154	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
47	17:56:58	71.6129	SEDANG	895.16125	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
48	17:57:20	87.09677	SEDANG	1088.70972	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
49	17:57:43	67.74194	SEDANG	846.77423	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
50	17:58:21	66.45161	SEDANG	830.6452	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
51	17:58:45	70.96774	SEDANG	887.09674	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
52	17:59:08	71.6129	SEDANG	895.16125	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
53	17:59:33	81.29032	SEDANG	1016.12903	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
54	17:59:55	67.09678	SEDANG	838.70972	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
55	18:00:16	65.80646	SEDANG	822.58069	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
56	18:00:41	69.67742	SEDANG	870.96777	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
57	18:01:04	74.19355	SEDANG	927.41937	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327

58	18:01:27	85.80645	SEDANG	1072.58069	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
59	18:01:51	63.87097	BAIK	798.38702	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
60	18:02:46	71.6129	SEDANG	895.16125	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
61	18:03:08	62.58065	BAIK	782.25806	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
62	18:03:30	68.3871	SEDANG	854.83875	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
63	18:03:52	71.6129	SEDANG	895.16125	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
64	18:04:14	70.96774	SEDANG	887.09674	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
65	18:04:36	97.41936	SEDANG	1217.74194	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
66	18:04:58	68.3871	SEDANG	854.83875	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
67	18:05:19	70.32258	SEDANG	879.03223	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
68	18:05:41	69.67742	SEDANG	870.96777	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
69	18:06:02	64.51613	BAIK	806.45154	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
70	18:06:24	72.90323	SEDANG	911.29034	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
71	18:06:46	69.67742	SEDANG	870.96777	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
72	18:07:08	69.67742	SEDANG	870.96777	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
73	18:07:30	88.38709	SEDANG	1104.83875	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
74	18:07:52	64.51613	BAIK	806.45154	BURUK	SEKUPANG	1.10645	103.95327

Gambar 24. Tabel Data Pengujian di Sekupang

Berdasarkan data kualitas udara di Sekupang, kadar Karbon Monoksida (CO) sebagian besar berada dalam kategori “sedang” dengan *range* 60 sampai dengan 97 ppm, kategori tersebut menunjukkan kualitas udara masih dalam batas toleransi, meskipun ada beberapa pengukuran di kategori “baik”. Namun, kadar Metana (CH4) secara konsisten berada dalam kategori “buruk” dengan *range* 700 sampai dengan 1100 ppm, di mana hal ini menandakan tingkat polusi yang tinggi dan menjadi perhatian utama. Pengukuran ini dilakukan secara berkala setiap beberapa detik dalam waktu 15 sampai 20 menit.

- **Batu Aji:**

NO	WAKTU	KADAR CO (ppm)	KATEGORI CO	KADAR CH4 (ppm)	KATEGORI CH4	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
1	14:41:30	113.97849	BURUK	683.87097	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
2	14:42:07	118.27956	BURUK	709.67737	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
3	14:42:29	119.35484	BURUK	716.12903	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
4	14:42:50	113.97849	BURUK	683.87097	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
5	14:43:11	112.90323	BURUK	677.41937	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
6	14:43:33	116.12903	BURUK	696.77417	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
7	14:43:54	116.12903	BURUK	696.77417	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
8	14:44:16	116.12903	BURUK	696.77417	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
9	14:44:38	112.90323	BURUK	677.41937	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
10	14:44:59	111.82796	BURUK	670.96777	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
11	14:45:21	113.97849	BURUK	683.87097	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
12	14:45:43	111.82796	BURUK	670.96777	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
13	14:46:04	113.97849	BURUK	683.87097	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
14	14:46:26	112.90323	BURUK	677.41937	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
15	14:46:48	126.88172	BURUK	761.29028	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
16	14:47:10	113.97849	BURUK	683.87097	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
17	14:47:31	112.90323	BURUK	677.41937	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
18	14:47:53	113.97849	BURUK	683.87097	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116

19	14:48:14	118.27956	BURUK	709.67737	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
20	14:48:36	125.80645	BURUK	754.83868	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
21	14:48:57	131.18279	BURUK	787.0968	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
22	14:49:19	126.88172	BURUK	761.29028	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
23	14:49:41	120.43011	BURUK	722.58069	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
24	14:50:03	117.2043	BURUK	703.22577	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
25	14:50:25	116.12903	BURUK	696.77417	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
26	14:50:45	118.27956	BURUK	709.67737	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
27	14:51:07	116.12903	BURUK	696.77417	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
28	14:51:29	116.12903	BURUK	696.77417	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
29	14:51:50	118.27956	BURUK	709.67737	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
30	14:52:12	124.73119	BURUK	748.38708	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
31	14:52:34	119.35484	BURUK	716.12903	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
32	14:52:55	117.2043	BURUK	703.22577	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
33	14:53:18	121.50538	BURUK	729.03229	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
34	14:53:40	123.65591	BURUK	741.93549	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
35	14:54:01	124.73119	BURUK	748.38708	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
36	14:54:23	124.73119	BURUK	748.38708	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
37	14:54:45	124.73119	BURUK	748.38708	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
38	14:55:06	122.58065	BURUK	735.48389	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
39	14:55:28	124.73119	BURUK	748.38708	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
40	14:55:49	121.50538	BURUK	729.03229	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
41	14:56:10	116.12903	BURUK	696.77417	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
42	14:56:32	113.97849	BURUK	683.87097	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
43	14:56:53	117.2043	BURUK	703.22577	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
44	14:57:15	113.97849	BURUK	683.87097	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
45	14:57:37	112.90323	BURUK	677.41937	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
46	14:57:58	112.90323	BURUK	677.41937	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
47	14:58:21	112.90323	BURUK	677.41937	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
48	14:58:43	113.97849	BURUK	683.87097	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
49	14:59:05	116.12903	BURUK	696.77417	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
50	14:59:26	122.58065	BURUK	735.48389	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
51	14:59:48	113.97849	BURUK	683.87097	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
52	15:00:09	116.12903	BURUK	696.77417	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
53	15:00:33	117.2043	BURUK	703.22577	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
54	15:00:55	117.2043	BURUK	703.22577	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
55	15:01:17	120.43011	BURUK	722.58069	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
56	15:01:39	130.10753	BURUK	780.64514	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
57	15:02:01	117.2043	BURUK	703.22577	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
58	15:02:23	111.82796	BURUK	670.96777	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
59	15:02:44	113.97849	BURUK	683.87097	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
60	15:03:06	146.23656	BURUK	877.41937	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
61	15:03:28	116.12903	BURUK	696.77417	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
62	15:03:49	111.82796	BURUK	670.96777	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
63	15:04:11	116.12903	BURUK	696.77417	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
64	15:04:33	137.6344	BURUK	825.80646	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
65	15:04:54	146.23656	BURUK	877.41937	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
66	15:05:16	134.4086	BURUK	806.4516	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
67	15:05:38	137.6344	BURUK	825.80646	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
68	15:05:59	124.73119	BURUK	748.38708	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
69	15:06:21	118.27956	BURUK	709.67737	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
70	15:06:43	129.03226	BURUK	774.19354	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
71	15:07:05	112.90323	BURUK	677.41937	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
72	15:07:27	116.12903	BURUK	696.77417	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
73	15:07:48	118.27956	BURUK	709.67737	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116
74	15:08:09	111.82796	BURUK	670.96777	BURUK	BATU AJI	1.02358	103.998116

Gambar 25. Tabel Data Pengujian di Batu Aji

Data di atas menunjukkan kualitas udara di lokasi Batu Aji dengan konsentrasi Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH₄) berada dalam kategori “buruk” pada seluruh pengukuran. Kadar CO berkisar 111,82 hingga 146,24 ppm sedangkan kadar CH₄ berada di angka 670,96 hingga 877,41 ppm. Hal ini menandakan adanya tingkat polusi udara yang signifikan di wilayah ini yang berpotensi membahayakan kesehatan.

- **Nongsa:**

NO	WAKTU	KADAR CO (ppm)	KATEGORI CO	KADAR CH ₄ (ppm)	KATEGORI CH ₄	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
1	16:46:37	49.46236	BAIK	494.6236	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
2	16:46:58	49.46236	BAIK	494.6236	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
3	16:47:20	49.46236	BAIK	494.6236	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
4	16:47:42	49.46236	BAIK	494.6236	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
5	16:48:03	49.46236	BAIK	387.64514	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
6	16:48:25	53.76344	BAIK	401.6344	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
7	16:48:47	52.15054	BAIK	450.50537	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
8	16:49:08	50.53764	BAIK	505.37634	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
9	16:49:30	54.30107	BAIK	543.01074	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
10	16:49:52	54.30107	BAIK	475.01074	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
11	16:50:13	50.53764	BAIK	393.37634	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
12	16:50:35	50.53764	BAIK	371.36514	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
13	16:50:57	55.37635	BAIK	453.76343	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
14	16:51:19	55.37635	BAIK	533.76373	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
15	16:51:41	51.6129	BAIK	516.12903	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
16	16:52:02	58.06451	BAIK	580.64514	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
17	16:52:23	54.30107	BAIK	543.01074	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
18	16:52:45	54.30107	BAIK	400.01256	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
19	16:53:07	54.83871	BAIK	361.38708	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
20	16:53:28	52.68817	BAIK	370.88171	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
21	16:53:50	52.15054	BAIK	391.50956	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
22	16:54:12	52.15054	BAIK	421.50537	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
23	16:54:34	55.91398	BAIK	459.13977	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
24	16:54:56	51.6129	BAIK	516.12903	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
25	16:55:18	55.91398	BAIK	559.13977	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
26	16:55:39	51.6129	BAIK	516.12903	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
27	16:56:01	55.37635	BAIK	553.76343	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
28	16:56:23	51.6129	BAIK	516.12903	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
29	16:56:44	55.37635	BAIK	453.76343	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
30	16:57:06	55.37635	BAIK	553.76301	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
31	16:57:28	55.37635	BAIK	401.76343	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
32	16:57:49	51.6129	BAIK	396.12903	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
33	16:58:11	51.6129	BAIK	388.37803	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
34	16:58:33	51.6129	BAIK	356.12652	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
35	16:58:54	54.83871	BAIK	448.38708	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
36	16:59:16	54.83871	BAIK	518.387	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
37	16:59:38	51.6129	BAIK	516.12903	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349

38	16:59:59	55.37635	BAIK	553.76343	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
39	17:00:21	55.37635	BAIK	443.76637	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
40	17:00:42	51.6129	BAIK	377.12903	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
41	17:01:04	51.6129	BAIK	358.12728	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
42	17:01:26	55.37635	BAIK	413.76343	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
43	17:01:48	51.6129	BAIK	476.12973	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
44	17:02:09	52.15054	BAIK	521.50537	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
45	17:02:31	53.2258	BAIK	532.25806	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
46	17:02:53	52.15054	BAIK	521.50537	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
47	17:03:15	53.76344	BAIK	537.6344	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
48	17:03:36	53.76344	BAIK	537.6344	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
49	17:03:58	53.2258	BAIK	532.25806	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
50	17:04:20	56.45161	BAIK	564.51611	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
51	17:04:42	53.2258	BAIK	532.25806	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
52	17:05:04	54.30107	BAIK	543.01074	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
53	17:05:26	53.76344	BAIK	537.6344	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
54	17:05:47	52.68817	BAIK	526.88171	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
55	17:06:09	56.45161	BAIK	564.51611	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
56	17:06:30	55.91398	BAIK	559.13977	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
57	17:06:52	52.68817	BAIK	526.88171	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
58	17:07:14	55.91398	BAIK	492.13977	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
59	17:07:38	51.6129	BAIK	436.12903	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
60	17:08:01	51.6129	BAIK	407.12262	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
61	17:08:23	51.6129	BAIK	395.12526	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
62	17:08:45	55.37635	BAIK	433.76738	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
63	17:09:07	51.6129	BAIK	516.12903	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
64	17:09:28	51.6129	BAIK	516.12903	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
65	17:09:50	54.83871	BAIK	548.38708	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
66	17:10:12	51.6129	BAIK	516.12903	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
67	17:10:33	58.06451	BAIK	580.64514	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
68	17:10:55	52.15054	BAIK	521.50537	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
69	17:11:17	51.6129	BAIK	516.12903	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
70	17:11:38	51.6129	BAIK	516.12903	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
71	17:12:00	50.53764	BAIK	505.37634	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
72	17:12:22	50.53764	BAIK	505.37634	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
73	17:12:44	51.6129	BAIK	516.12903	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349
74	17:13:05	50.53764	BAIK	505.37634	SEDANG	NDP	1.18515	104.101349

Gambar 26. Tabel Data Pengujian di Nongsa

Dari data ini kadar Karbon Monoksida (CO) berada dalam kategori “baik” dengan rentang nilai 49,46 hingga 58,06 ppm yang menunjukkan kualitas udara aman dari polutan ini. Sementara itu, kadar Metana (CH₄) sebagian besar berada dalam kategori “sedang” dengan rentang nilai 356,13 hingga 580,65 ppm, meskipun beberapa pengukuran menunjukkan kategori “baik”. Secara keseluruhan kualitas udara di lokasi ini tergolong baik dan aman untuk di hirup, namun perlu perhatian lebih terhadap kadar Metana (CH₄) yang cenderung tidak menentu dengan potensi peningkatan di waktu-waktu tertentu.

- **Punggur:**

NO	WAKTU	KADAR CO (ppm)	KATEGORI CO	KADAR CH4 (ppm)	KATEGORI CH4	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
1	15:48:53	169.35484	BURUK	846.77423	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
2	15:49:14	167.74194	BURUK	838.70972	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
3	15:51:02	183.87097	BURUK	919.35486	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
4	15:51:23	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
5	15:51:45	177.41936	BURUK	887.09674	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
6	15:52:07	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
7	15:52:28	183.87097	BURUK	919.35486	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
8	15:52:50	182.25807	BURUK	911.29034	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
9	15:53:12	182.25807	BURUK	911.29034	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
10	15:53:33	182.25807	BURUK	911.29034	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
11	15:53:55	183.87097	BURUK	919.35486	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
12	15:54:18	183.87097	BURUK	919.35486	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
13	15:54:39	180.64517	BURUK	903.22583	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
14	15:55:04	182.25807	BURUK	911.29034	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
15	15:55:25	183.87097	BURUK	919.35486	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
16	15:55:46	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
17	15:56:08	175.80646	BURUK	879.03223	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
18	15:56:30	182.25807	BURUK	911.29034	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
19	15:56:51	177.41936	BURUK	887.09674	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
20	15:57:13	180.64517	BURUK	903.22583	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
21	15:57:35	180.64517	BURUK	903.22583	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
22	15:57:56	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
23	15:58:18	180.64517	BURUK	903.22583	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
24	15:58:40	180.64517	BURUK	903.22583	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
25	15:59:01	183.87097	BURUK	919.35486	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
26	15:59:23	187.09677	BURUK	935.48389	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
27	15:59:45	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
28	16:00:06	190.32257	BURUK	951.61292	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
29	16:00:28	180.64517	BURUK	903.22583	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
30	16:00:50	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
31	16:01:11	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
32	16:01:33	182.25807	BURUK	911.29034	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
33	16:01:54	180.64517	BURUK	903.22583	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
34	16:02:15	182.25807	BURUK	911.29034	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
35	16:02:37	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
36	16:02:59	185.48387	BURUK	927.41937	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
37	16:03:20	180.64517	BURUK	903.22583	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
38	16:03:42	175.80646	BURUK	879.03223	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
39	16:04:04	185.48387	BURUK	927.41937	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
40	16:04:25	187.09677	BURUK	935.48389	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
41	16:04:47	183.87097	BURUK	919.35486	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
42	16:06:36	241.93547	BURUK	1209.67737	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
43	16:06:58	174.19354	BURUK	870.96777	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
44	16:07:19	167.74194	BURUK	838.70972	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
45	16:07:40	180.64517	BURUK	903.22583	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
46	16:08:02	175.80646	BURUK	879.03223	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
47	16:08:24	169.35484	BURUK	846.77423	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
48	16:08:45	195.16129	BURUK	975.8064	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
49	16:09:07	169.35484	BURUK	846.77423	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
50	16:09:29	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
51	16:09:50	175.80646	BURUK	879.03223	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
52	16:10:12	175.80646	BURUK	879.03223	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
53	16:10:34	174.19354	BURUK	870.96777	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
54	16:10:55	175.80646	BURUK	879.03223	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
55	16:11:17	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
56	16:11:38	169.35484	BURUK	846.77423	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507

57	16:11:59	170.96774	BURUK	854.83875	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
58	16:12:21	167.74194	BURUK	838.70972	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
59	16:12:43	175.80646	BURUK	879.03223	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
60	16:13:04	175.80646	BURUK	879.03223	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
61	16:13:26	170.96774	BURUK	854.83875	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
62	16:13:48	177.41936	BURUK	887.09674	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
63	16:14:09	182.25807	BURUK	911.29034	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
64	16:14:31	175.80646	BURUK	879.03223	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
65	16:14:53	179.03226	BURUK	895.16125	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
66	16:15:14	188.70967	BURUK	943.5484	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
67	16:15:36	183.87097	BURUK	919.35486	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
68	16:15:57	193.54839	BURUK	967.74188	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
69	16:16:18	170.96774	BURUK	854.83875	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
70	16:16:40	185.48387	BURUK	927.41937	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
71	16:17:02	187.09677	BURUK	935.48389	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
72	16:17:23	185.48387	BURUK	927.41937	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
73	16:17:45	204.8387	BURUK	1024.19348	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507
74	16:18:07	190.32257	BURUK	951.61292	BURUK	PUNGGUR	1.100892	104.09507

Gambar 27. Tabel Data Pengujian di Punggur

Pada titik ini diperoleh hasil bahwa kadar Karbon Monoksida (CO) berada di angka 167,74 hingga 241,93 ppm, sedangkan kadar Metana (CH₄) berada di angka 838,71 hingga 1209,68 ppm. Kedua parameter ini konsisten di kategori “buruk” pada seluruh waktu pengukuran. Kondisi lingkungan di lokasi tersebut sangat berdebu dan penuh dengan kendaraan sehingga terdeteksi “buruk”. Hal ini menunjukkan kualitas udara di lokasi tersebut berada pada tingkat yang berpotensi membahayakan kesehatan jika terpapar secara terus-menerus.

Hasil pengujian alat di empat titik lokasi ini yaitu Sekupang, Batu Aji, Nongsa dan Punggur, menunjukkan pola peningkatan kadar Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH₄) yang signifikan akibat pengaruh aktivitas manusia dan kendaraan bermotor di sekitar titik lokasi pengujian. Dalam pengujian ini, kadar Karbon Monoksida (CO) cenderung mengalami kenaikan jika terdapat sumber asap kendaraan dan pembakaran di sekitar titik lokasi pengujian, seperti pada titik lokasi Sekupang meskipun sebagian besar kadar Karbon Monoksida (CO) berada dalam kategori “sedang”, namun di beberapa waktu terdeteksi “baik”, hal ini menunjukkan bahwa asap dari kendaraan, pembakaran sampah atau aktivitas sejenis dapat meningkatkan kadar Karbon Monoksida (CO). Hal ini juga terjadi di titik lokasi Batu Aji dan Punggur, di mana kadar Karbon Monoksida (CO) secara konsisten berada dalam kategori “buruk”, menunjukkan adanya paparan polusi udara yang tinggi. Peningkatan kadar Karbon Monoksida (CO) di kedua titik lokasi ini disebabkan oleh pembakaran terbuka dan asap kendaraan. Terdapat banyak jenis kendaraan yang lewat di titik lokasi ini, ada truk dengan kondisi asap yang sudah menghitam begitu juga dengan kendaraan bermotor dan juga aktivitas di titik ini tergolong padat lalu lintas sehingga menghasilkan debu di mana-mana.

Sementara itu, kadar Metana (CH₄) juga mengalami peningkatan terutama di lokasi dekat dengan pabrik, hutan dan laut. Kadar Metana (CH₄) ini akan terus meningkat ketika adanya asap pabrik, asap kebakaran hutan atau kekeringan. Di

titik lokasi Sekupang dan Nongsa, kadar Metana (CH₄) berada dalam kategori “sedang” hingga “buruk” secara tidak teratur, hal ini dipengaruhi oleh asap industri di waktu-waktu tertentu selama pengujian dilakukan. Berbeda dengan kadar Metana (CH₄) di titik lokasi Batu Aji dan Punggur yang tingkat konsentrasinya sangat tinggi dan konsisten dalam kategori “buruk”, ini terjadi karena banyaknya asap industri, asap kendaraan dan tingkat cuaca yang cukup panas, sehingga menghasilkan pemanasan global.

Faktor lingkungan dan aktivitas manusia sangat berpengaruh selama pengujian ini. Di titik lokasi Sekupang dan Nongsa, kadar Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH₄) relatif lebih rendah menunjukkan bahwa aktivitas pembakaran dan kepadatan lalu lintas di titik ini lebih terkendali dibandingkan titik lokasi Batu Aji dan Punggur. Sebaliknya, titik lokasi Batu Aji dan Punggur dengan kadar Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH₄) yang secara konsisten tinggi akibat padatnnya aktivitas lalu lintas, debu pelebaran jalan, serta asap industri. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa kadar Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH₄) sangat rentan dipengaruhi oleh sumber polusi di sekitarnya. Peningkatan kadar Karbon Monoksida (CO) terjadi akibat aktivitas pembakaran terbuka dan pelebaran jalan yang menghasilkan banyak debu serta asap pembakaran aktif, sedangkan kadar Metana (CH₄) cenderung meningkat akibat aktivitas padat lalu lintas seperti emisi dari kendaraan berat dan kendaraan bermotor yang menghasilkan asap pekat, serta asap pabrik. Kedua polutan ini menunjukkan tingkat polusi udara yang mengkhawatirkan di beberapa titik lokasi, terutama Batu Aji dan Punggur sehingga memerlukan upaya untuk mengurangi risiko terdampak paparan polusi udara.

4.2.3. Pengujian Alat Berdasarkan Faktor Kondisi Cuaca

a. Cuaca Sebelum Hujan (Mendung)

- Sekupang

Pada saat cuaca mendung, kondisi kualitas udara di titik Sekupang dengan kadar CO berkisar 66 sampai 86 ppm yang berarti kualitas udara “sedang”, dan kadar CH₄ berkisar 465 sampai 604 ppm yang berarti kualitas udara “sedang”.

NO	WAKTU	KADAR CO (ppm)	KATEGORI CO	KADAR CH4 (ppm)	KATEGORI CH4	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
1	14:20:57	74.65437	SEDANG	522.58063	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
2	14:21:21	77.88019	SEDANG	545.16132	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
3	14:21:45	77.88019	SEDANG	545.16132	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
4	14:22:13	74.65437	SEDANG	522.58063	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
5	14:22:37	78.34102	SEDANG	548.38708	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
6	14:23:01	78.34102	SEDANG	548.38708	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
7	14:23:27	78.80185	SEDANG	551.61292	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
8	14:23:52	76.4977	SEDANG	535.48389	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
9	14:24:21	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
10	13:28:28	76.4977	SEDANG	535.48389	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
11	13:28:55	84.33179	SEDANG	590.32257	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
12	14:25:40	86.17512	SEDANG	603.22583	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
13	14:26:06	76.03687	SEDANG	532.25812	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
14	14:26:32	70.04608	SEDANG	490.3226	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
15	14:26:48	66.35945	SEDANG	464.51614	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
16	14:27:16	69.12443	SEDANG	483.87094	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
17	14:27:42	69.58526	SEDANG	487.0968	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
18	14:28:06	66.35945	SEDANG	464.51614	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
19	14:28:32	69.58526	SEDANG	487.0968	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
20	14:29:00	69.58526	SEDANG	487.0968	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
21	14:29:13	66.35945	SEDANG	464.51614	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
22	14:29:40	69.58526	SEDANG	487.0968	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
23	14:30:06	69.58526	SEDANG	487.0968	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
24	14:30:31	67.28111	SEDANG	470.96774	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
25	14:30:58	69.58526	SEDANG	487.0968	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
26	14:31:22	70.04608	SEDANG	490.3226	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
27	14:31:48	70.04608	SEDANG	490.3226	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
28	14:32:16	70.50691	SEDANG	493.5484	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
29	14:32:42	70.50691	SEDANG	493.5484	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
30	13:28:28	70.50691	SEDANG	493.5484	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
31	13:28:55	70.50691	SEDANG	493.5484	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
32	14:34:00	67.74194	SEDANG	474.19354	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
33	14:34:26	70.50691	SEDANG	493.5484	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
34	14:34:53	70.50691	SEDANG	493.5484	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
35	14:35:20	70.50691	SEDANG	493.5484	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
36	14:35:48	70.50691	SEDANG	493.5484	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
37	13:28:16	68.20277	SEDANG	477.41934	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
38	13:28:42	70.50691	SEDANG	493.5484	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
39	13:29:06	70.96774	SEDANG	496.7742	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
40	14:37:29	70.96774	SEDANG	496.7742	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
41	14:37:42	70.96774	SEDANG	496.7742	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
42	14:38:08	70.96774	SEDANG	496.7742	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
43	14:38:36	68.20277	SEDANG	477.41934	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
44	14:38:48	70.96774	SEDANG	496.7742	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
45	14:39:14	70.96774	SEDANG	496.7742	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
46	14:39:39	68.20277	SEDANG	477.41934	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
47	14:40:08	68.20277	SEDANG	477.41934	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
48	14:40:33	70.96774	SEDANG	496.7742	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
49	14:41:00	71.8894	SEDANG	503.2258	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
50	14:41:25	68.20277	SEDANG	477.41934	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
51	14:41:51	70.96774	SEDANG	496.7742	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
52	14:42:17	70.96774	SEDANG	496.7742	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327

Gambar 28. Tabel Data Pengujian di Sekupang Cuaca Mendung

- Batu Aji

Pada titik lokasi Batu Aji dengan kondisi mendung, kadar CO terdeteksi 140 sampai 150 ppm yang berarti kualitas udara “buruk”, dan kadar CH4 berkisar 560 sampai 600 ppm yang berarti kualitas udara “sedang”.

NO	WAKTU	KADAR CO (ppm)	KATEGORI CO	KADAR CH4 (ppm)	KATEGORI CH4	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
1	16:28:09	140.32257	BURUK	561.29034	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
2	16:28:30	146.77419	BURUK	587.09674	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
3	16:28:52	145.96773	BURUK	583.87097	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
4	16:29:17	145.96773	BURUK	583.87097	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
5	16:29:41	145.96773	BURUK	583.87097	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
6	16:30:06	145.96773	BURUK	583.87097	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
7	16:30:29	146.77419	BURUK	587.09674	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
8	16:30:53	146.77419	BURUK	587.09674	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
9	16:31:17	141.12903	BURUK	564.51611	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
10	16:31:38	146.77419	BURUK	587.09674	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
11	16:32:00	146.77419	BURUK	587.09674	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
12	16:32:22	140.32257	BURUK	561.29034	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
13	16:32:43	145.96773	BURUK	583.87097	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
14	16:33:05	146.77419	BURUK	587.09674	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
15	16:33:27	140.32257	BURUK	561.29034	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
16	16:33:48	145.96773	BURUK	583.87097	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
17	16:34:10	145.96773	BURUK	583.87097	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
18	16:34:33	140.32257	BURUK	561.29034	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
19	16:34:57	147.58064	BURUK	590.32257	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
20	16:35:18	141.12903	BURUK	564.51611	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
21	16:35:41	140.32257	BURUK	561.29034	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
22	16:36:08	140.32257	BURUK	561.29034	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
23	16:36:30	146.77419	BURUK	587.09674	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
24	16:36:51	146.77419	BURUK	587.09674	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
25	16:37:13	140.32257	BURUK	561.29034	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
26	16:37:35	145.96773	BURUK	583.87097	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
27	16:37:56	146.77419	BURUK	587.09674	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
28	16:38:18	146.77419	BURUK	587.09674	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
29	16:38:40	145.96773	BURUK	583.87097	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
30	16:39:01	146.77419	BURUK	587.09674	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
31	16:39:23	146.77419	BURUK	587.09674	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
32	16:39:45	146.77419	BURUK	587.09674	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
33	16:40:07	146.77419	BURUK	587.09674	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
34	16:40:29	143.54839	BURUK	574.19354	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
35	16:40:51	148.38708	BURUK	593.54834	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
36	16:41:12	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
37	16:41:34	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
38	16:41:56	143.54839	BURUK	574.19354	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
39	16:42:18	148.38708	BURUK	593.54834	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
40	16:42:40	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
41	16:43:02	143.54839	BURUK	574.19354	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
42	16:43:23	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
43	16:43:45	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
44	16:44:07	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
45	16:44:28	150	BURUK	600	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
46	16:44:50	150	BURUK	600	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
47	16:45:12	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
48	16:45:34	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
49	16:45:56	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
50	16:46:18	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
51	16:46:39	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
52	16:47:02	145.96773	BURUK	583.87097	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
53	16:47:23	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
54	16:47:45	150	BURUK	600	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
55	16:48:07	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
56	16:48:29	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116

57	16:48:50	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
58	16:49:12	150	BURUK	600	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
59	16:49:34	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
60	16:49:56	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
61	16:50:17	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
62	16:50:39	149.19354	BURUK	596.77423	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116

Gambar 29. Tabel Data Pengujian di Batu Aji Cuaca Mendung

- **Nongsa**

Pada titik lokasi Nongsa dengan kondisi mendung, kadar CO terdeteksi 39 sampai 42 ppm yang berarti kualitas udara “baik”, dan kadar CH4 berkisar 344 sampai 369 ppm yang berarti kualitas udara “baik”.

NO	WAKTU	KADAR CO (ppm)	KATEGORI CO	KADAR CH4 (ppm)	KATEGORI CH4	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
1	19:09:37	39.70223	BAIK	344.08603	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
2	19:09:58	41.68735	BAIK	361.29034	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
3	19:10:20	41.68735	BAIK	361.29034	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
4	19:10:43	39.70223	BAIK	344.08603	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
5	19:11:04	41.93549	BAIK	363.44086	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
6	19:11:26	41.68735	BAIK	361.29034	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
7	19:11:49	39.70223	BAIK	344.08603	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
8	19:12:10	41.68735	BAIK	361.29034	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
9	19:12:33	41.93549	BAIK	363.44086	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
10	19:12:55	39.95037	BAIK	346.23654	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
11	19:13:17	41.68735	BAIK	361.29034	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
12	19:13:39	39.95037	BAIK	346.23654	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
13	19:14:00	39.95037	BAIK	346.23654	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
14	19:14:21	41.68735	BAIK	361.29034	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
15	19:14:43	41.93549	BAIK	363.44086	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
16	19:15:05	39.95037	BAIK	346.23654	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
17	19:15:26	41.93549	BAIK	363.44086	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
18	19:15:48	39.95037	BAIK	346.23654	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
19	19:16:11	39.95037	BAIK	346.23654	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
20	19:16:32	41.93549	BAIK	363.44086	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
21	19:16:54	42.18362	BAIK	365.5914	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
22	19:17:16	40.19851	BAIK	348.38708	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
23	19:17:40	41.93549	BAIK	363.44086	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
24	19:18:02	41.93549	BAIK	363.44086	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
25	19:18:24	40.19851	BAIK	348.38708	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
26	19:18:45	41.93549	BAIK	363.44086	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
27	19:19:07	41.93549	BAIK	363.44086	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
28	19:19:30	40.19851	BAIK	348.38708	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
29	19:19:52	41.93549	BAIK	363.44086	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
30	19:20:13	41.93549	BAIK	363.44086	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
31	19:20:36	41.93549	BAIK	363.44086	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
32	19:20:58	42.6799	BAIK	369.89249	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
33	19:21:20	42.6799	BAIK	369.89249	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
34	19:21:42	42.43176	BAIK	367.74194	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
35	19:22:03	42.6799	BAIK	369.89249	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
36	19:22:25	42.43176	BAIK	367.74194	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
37	19:22:47	42.6799	BAIK	369.89249	BAIK	NDP	1.18515	104.101349

38	19:23:11	42.43176	BAIK	367.74194	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
39	19:23:35	40.94293	BAIK	354.83871	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
40	19:23:59	42.43176	BAIK	367.74194	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
41	19:24:23	42.43176	BAIK	367.74194	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
42	19:24:47	42.6799	BAIK	369.89249	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
43	19:25:11	40.69479	BAIK	352.68817	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
44	19:25:32	42.43176	BAIK	367.74194	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
45	19:25:54	42.6799	BAIK	369.89249	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
46	19:26:17	40.69479	BAIK	352.68817	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
47	19:26:38	40.69479	BAIK	352.68817	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
48	19:27:01	42.43176	BAIK	367.74194	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
49	19:27:24	42.6799	BAIK	369.89249	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
50	19:27:46	42.43176	BAIK	367.74194	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
51	19:28:08	42.43176	BAIK	367.74194	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
52	19:28:29	42.43176	BAIK	367.74194	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
53	19:28:52	42.6799	BAIK	369.89249	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
54	19:29:13	42.43176	BAIK	367.74194	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
55	19:29:35	42.43176	BAIK	367.74194	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
56	19:29:56	42.6799	BAIK	369.89249	BAIK	NDP	1.18515	104.101349

Gambar 30. Tabel Data Pengujian di Nongsa Cuaca Mendung

- **Punggur**

Pada titik lokasi Punggur dengan kondisi mendung, kadar CO terdeteksi 120 sampai 129 ppm yang berarti kualitas udara “buruk”, dan kadar CH4 berkisar 442 sampai 472 ppm yang berarti kualitas udara “sedang”.

NO	WAKTU	KADAR CO (ppm)	KATEGORI CO	KADAR CH4 (ppm)	KATEGORI CH4	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
1	17:53:50	121.7742	BURUK	442.81525	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
2	17:54:11	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
3	17:54:33	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
4	17:54:55	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
5	17:55:17	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
6	17:55:39	129.03226	BURUK	469.20819	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
7	17:56:01	129.03226	BURUK	469.20819	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
8	17:56:23	129.03226	BURUK	469.20819	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
9	17:56:44	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
10	17:57:06	122.58065	BURUK	445.7478	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
11	17:57:27	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
12	17:57:49	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
13	17:58:11	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
14	17:58:33	127.41935	BURUK	463.34308	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
15	17:58:55	120.96774	BURUK	439.88266	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
16	17:59:17	127.41935	BURUK	463.34308	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
17	17:59:38	127.41935	BURUK	463.34308	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
18	18:00:00	127.41935	BURUK	463.34308	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507

19	18:00:22	127.41935	BURUK	463.34308	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
20	18:00:45	127.41935	BURUK	463.34308	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
21	18:01:07	127.41935	BURUK	463.34308	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
22	18:01:29	127.41935	BURUK	463.34308	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
23	18:01:50	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
24	18:02:12	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
25	18:02:34	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
26	18:02:56	127.41935	BURUK	463.34308	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
27	18:03:18	121.7742	BURUK	442.81525	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
28	18:03:42	127.41935	BURUK	463.34308	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
29	18:04:04	122.58065	BURUK	445.7478	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
30	18:04:25	127.41935	BURUK	463.34308	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
31	18:04:48	121.7742	BURUK	442.81525	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
32	18:05:10	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
33	18:05:32	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
34	18:05:53	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
35	18:06:15	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
36	18:06:37	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
37	18:06:59	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
38	18:07:21	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
39	18:07:43	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
40	18:08:05	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
41	18:08:27	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
42	18:08:49	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
43	18:09:11	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
44	18:09:32	122.58065	BURUK	445.7478	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
45	18:09:54	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
46	18:10:16	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
47	18:10:38	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
48	18:11:00	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
49	18:11:21	129.03226	BURUK	469.20819	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
50	18:11:43	122.58065	BURUK	445.7478	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
51	18:12:05	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
52	18:12:27	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
53	18:12:49	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
54	18:13:11	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
55	18:13:33	129.03226	BURUK	469.20819	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
56	18:13:55	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
57	18:14:17	129.03226	BURUK	469.20819	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
58	18:14:40	129.8387	BURUK	472.14072	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
59	18:15:01	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
60	18:15:24	129.03226	BURUK	469.20819	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
61	18:15:45	129.8387	BURUK	472.14072	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507

Gambar 31. Tabel Data Pengujian di Punggur Cuaca Mendung

b. Cuaca Hujan
- **Sekupang**

Pada titik lokasi Sekupang dengan kondisi hujan, kadar CO terdeteksi 70 sampai 95 ppm yang berarti kualitas udara “sedang”, dan kadar CH4 berkisar 335 sampai 447 ppm yang berarti kualitas udara “baik”.

NO	WAKTU	KADAR CO (ppm)	KATEGORI CO	KADAR CH4 (ppm)	KATEGORI CH4	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
1	15:05:50	71.8894	SEDANG	335.48389	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
2	15:06:04	72.35023	SEDANG	337.6344	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
3	15:06:25	75.1152	SEDANG	350.53763	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
4	15:06:47	75.1152	SEDANG	350.53763	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
5	15:07:10	72.35023	SEDANG	337.6344	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
6	15:07:32	75.1152	SEDANG	350.53763	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
7	15:07:53	72.35023	SEDANG	337.6344	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
8	15:08:15	72.81106	SEDANG	339.78494	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
9	15:08:36	75.57603	SEDANG	352.68817	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
10	15:08:58	76.03687	SEDANG	354.83871	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
11	15:09:21	73.27189	SEDANG	341.93549	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
12	15:09:42	76.03687	SEDANG	354.83871	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
13	15:10:04	76.03687	SEDANG	354.83871	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
14	15:10:26	73.27189	SEDANG	341.93549	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
15	15:10:48	76.4977	SEDANG	356.98926	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
16	15:11:09	77.41936	SEDANG	361.29034	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
17	15:11:32	73.73272	SEDANG	344.08603	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
18	15:11:53	77.41936	SEDANG	361.29034	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
19	15:12:15	77.41936	SEDANG	361.29034	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
20	15:12:37	73.73272	SEDANG	344.08603	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
21	15:12:58	77.41936	SEDANG	361.29034	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
22	15:13:20	77.41936	SEDANG	361.29034	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
23	15:13:43	74.19355	SEDANG	346.23654	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
24	15:14:04	78.34102	SEDANG	365.5914	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
25	15:14:26	77.88019	SEDANG	363.44086	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
26	15:14:48	74.65437	SEDANG	348.38708	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
27	15:15:09	78.34102	SEDANG	365.5914	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
28	15:15:31	78.80185	SEDANG	367.74194	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
29	15:15:53	75.57603	SEDANG	352.68817	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
30	15:16:14	79.26267	SEDANG	369.89249	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
31	15:16:36	79.72351	SEDANG	372.043	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
32	15:16:58	84.33179	SEDANG	393.54837	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
33	15:17:19	95.39171	SEDANG	445.16132	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
34	15:18:04	80.64516	SEDANG	376.34409	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
35	15:18:25	96.7742	SEDANG	451.61292	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
36	15:18:50	85.25346	SEDANG	397.84946	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
37	15:19:12	86.63595	SEDANG	404.30109	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
38	15:19:33	93.08755	SEDANG	434.40857	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
39	15:19:55	78.80185	SEDANG	367.74194	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
40	15:20:17	70.04608	SEDANG	326.88174	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
41	15:20:39	74.65437	SEDANG	348.38708	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
42	15:21:01	86.17512	SEDANG	402.15054	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
43	15:21:24	87.09678	SEDANG	406.4516	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
44	15:21:45	95.85254	SEDANG	447.31186	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
45	15:22:29	63.13364	BAIK	294.62366	BAIK	SEKUPANG	1.10645	103.95327
46	15:22:50	89.86175	SEDANG	419.35483	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
47	15:23:55	95.85254	SEDANG	447.31186	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
48	15:24:17	93.08755	SEDANG	434.40857	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327

Gambar 32. Tabel Data Pengujian di Sekupang Cuaca Hujan

- Batu Aji

Pada titik lokasi Batu Aji dengan kondisi hujan, kadar CO terdeteksi 77 sampai 100 ppm yang berarti kualitas udara “sedang”, dan kadar CH4 berkisar 425 sampai 545 ppm yang berarti kualitas udara “sedang”.

NO	WAKTU	KADAR CO (ppm)	KATEGORI CO	KADAR CH4 (ppm)	KATEGORI CH4	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
1	16:57:25	96.77419	SEDANG	527.85919	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
2	16:57:46	100	SEDANG	545.45459	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
3	16:58:08	100	SEDANG	545.45459	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
4	16:58:30	96.77419	SEDANG	527.85919	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
5	16:59:35	96.77419	SEDANG	527.85919	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
6	16:59:56	96.77419	SEDANG	527.85919	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
7	17:00:41	97.84945	SEDANG	533.7243	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
8	17:01:02	97.31182	SEDANG	530.79175	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
9	17:02:09	97.84945	SEDANG	533.7243	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
10	17:02:30	98.38708	SEDANG	536.65686	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
11	17:03:14	97.84945	SEDANG	533.7243	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
12	17:03:58	98.38708	SEDANG	536.65686	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
13	17:04:41	98.38708	SEDANG	536.65686	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
14	17:05:03	97.84945	SEDANG	533.7243	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
15	17:06:33	98.38708	SEDANG	536.65686	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
16	17:07:38	98.92472	SEDANG	539.58942	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
17	17:08:43	98.38708	SEDANG	536.65686	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
18	17:09:04	98.92472	SEDANG	539.58942	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
19	17:09:49	98.38708	SEDANG	536.65686	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
20	17:10:54	98.38708	SEDANG	536.65686	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
21	17:11:15	98.38708	SEDANG	536.65686	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
22	17:11:59	98.38708	SEDANG	536.65686	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
23	17:12:42	84.94624	SEDANG	463.34308	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
24	17:13:04	80.64516	SEDANG	439.88266	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
25	17:13:25	82.7957	SEDANG	451.61288	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
26	17:13:47	82.7957	SEDANG	451.61288	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
27	17:14:09	79.03226	SEDANG	431.08502	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
28	17:14:30	82.25806	SEDANG	448.68033	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
29	17:14:52	82.25806	SEDANG	448.68033	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
30	17:15:14	78.49462	SEDANG	428.15247	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
31	17:15:35	81.72043	SEDANG	445.7478	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
32	17:15:57	78.49462	SEDANG	428.15247	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
33	17:16:20	78.49462	SEDANG	428.15247	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
34	17:16:41	81.72043	SEDANG	445.7478	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
35	17:17:03	81.18279	SEDANG	442.81525	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
36	17:17:25	77.95699	SEDANG	425.21991	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
37	17:17:46	81.18279	SEDANG	442.81525	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
38	17:18:08	81.18279	SEDANG	442.81525	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
39	17:18:30	77.95699	SEDANG	425.21991	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
40	17:18:51	81.18279	SEDANG	442.81525	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
41	17:19:13	81.18279	SEDANG	442.81525	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
42	17:19:36	79.03226	SEDANG	431.08502	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
43	17:19:57	82.7957	SEDANG	451.61288	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
44	17:20:19	82.25806	SEDANG	448.68033	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
45	17:20:41	79.03226	SEDANG	431.08502	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
46	17:21:02	82.25806	SEDANG	448.68033	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
47	17:21:24	82.25806	SEDANG	448.68033	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116

Gambar 33. Tabel Data Pengujian di Batu Aji Cuaca Hujan

- Nongsa

Pada titik lokasi Nongsa dengan kondisi hujan, kadar CO terdeteksi 37 sampai 39 ppm yang berarti kualitas udara “baik”, dan kadar CH4 berkisar 347 sampai 368 ppm yang berarti kualitas udara “baik”.

NO	WAKTU	KADAR CO (ppm)	KATEGORI CO	KADAR CH4 (ppm)	KATEGORI CH4	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
1	19:54:54	37.71712	BAIK	350.23044	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
2	19:55:16	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
3	19:55:37	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
4	19:56:00	37.71712	BAIK	350.23044	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
5	19:56:22	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
6	19:56:43	39.70223	BAIK	368.66357	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
7	19:57:06	37.71712	BAIK	350.23044	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
8	19:57:28	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
9	19:57:50	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
10	19:58:12	37.96526	BAIK	352.53458	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
11	19:58:33	37.71712	BAIK	350.23044	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
12	19:58:55	39.70223	BAIK	368.66357	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
13	19:59:17	37.71712	BAIK	350.23044	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
14	19:59:38	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
15	20:00:00	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
16	20:00:23	37.71712	BAIK	350.23044	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
17	20:00:45	39.70223	BAIK	368.66357	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
18	20:01:07	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
19	20:01:29	37.46899	BAIK	347.9263	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
20	20:01:51	39.70223	BAIK	368.66357	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
21	20:02:13	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
22	20:02:35	37.71712	BAIK	350.23044	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
23	20:02:57	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
24	20:03:20	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
25	20:03:43	37.71712	BAIK	350.23044	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
26	20:04:07	37.46899	BAIK	347.9263	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
27	20:04:28	39.70223	BAIK	368.66357	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
28	20:04:50	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
29	20:05:13	37.71712	BAIK	350.23044	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
30	20:05:34	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
31	20:05:57	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
32	20:06:19	37.71712	BAIK	350.23044	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
33	20:06:41	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
34	20:07:03	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
35	20:07:26	37.46899	BAIK	347.9263	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
36	20:07:48	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
37	20:08:09	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
38	20:08:32	37.71712	BAIK	350.23044	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
39	20:08:54	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
40	20:09:15	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
41	20:09:37	37.46899	BAIK	347.9263	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
42	20:09:59	37.46899	BAIK	347.9263	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
43	20:10:21	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
44	20:10:43	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
45	20:11:05	39.45409	BAIK	366.35944	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
46	20:11:27	39.20596	BAIK	364.0553	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
47	20:11:49	39.20596	BAIK	364.0553	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
48	20:12:11	39.20596	BAIK	364.0553	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
49	20:12:33	39.20596	BAIK	364.0553	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
50	20:12:58	39.20596	BAIK	364.0553	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
51	20:13:19	39.20596	BAIK	364.0553	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
52	20:13:42	39.20596	BAIK	364.0553	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
53	20:14:04	39.20596	BAIK	364.0553	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
54	20:14:26	37.22084	BAIK	345.62213	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
55	20:14:47	39.20596	BAIK	364.0553	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
56	20:15:09	37.46899	BAIK	347.9263	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
57	20:15:32	39.20596	BAIK	364.0553	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
58	20:15:53	39.20596	BAIK	364.0553	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
59	20:16:15	39.20596	BAIK	364.0553	BAIK	NDP	1.18515	104.101349

Gambar 34. Tabel Data Pengujian di Nongsa Cuaca Hujan

- **Punggur**

Pada titik lokasi Punggur dengan kondisi hujan, kadar CO terdeteksi 69 sampai 73 ppm yang berarti kualitas udara “sedang”, dan kadar CH4 berkisar 487 sampai 516 ppm yang berarti kualitas udara “sedang”.

NO	WAKTU	KADAR CO (ppm)	KATEGORI CO	KADAR CH4 (ppm)	KATEGORI CH4	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
1	18:18:51	70.04608	SEDANG	490.3226	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
2	18:19:12	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
3	18:19:35	70.04608	SEDANG	490.3226	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
4	18:19:58	70.04608	SEDANG	490.3226	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
5	18:20:20	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
6	18:20:42	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
7	18:21:04	70.50691	SEDANG	493.5484	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
8	18:21:25	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
9	18:21:48	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
10	18:22:11	70.04608	SEDANG	490.3226	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
11	18:22:32	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
12	18:22:55	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
13	18:23:16	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
14	18:23:38	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
15	18:24:00	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
16	18:24:21	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
17	18:24:43	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
18	18:25:05	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
19	18:25:27	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
20	18:25:49	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
21	18:26:11	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
22	18:26:33	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
23	18:26:54	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
24	18:27:16	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
25	18:27:38	70.04608	SEDANG	490.3226	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
26	18:28:02	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
27	18:28:26	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
28	18:28:48	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
29	18:29:09	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
30	18:29:31	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
31	18:29:53	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
32	18:30:15	70.50691	SEDANG	493.5484	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
33	18:30:37	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
34	18:30:59	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
35	18:31:21	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
36	18:31:43	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
37	18:32:04	70.50691	SEDANG	493.5484	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507

38	18:32:26	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
39	18:32:48	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
40	18:33:09	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
41	18:33:31	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
42	18:33:55	70.50691	SEDANG	493.5484	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
43	18:34:16	70.04608	SEDANG	490.3226	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
44	18:34:38	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
45	18:35:01	70.50691	SEDANG	493.5484	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
46	18:35:22	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
47	18:35:44	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
48	18:36:06	70.04608	SEDANG	490.3226	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
49	18:36:27	69.58526	SEDANG	487.0968	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
50	18:36:49	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
51	18:37:12	70.04608	SEDANG	490.3226	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
52	18:37:33	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
53	18:37:55	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
54	18:38:17	70.50691	SEDANG	493.5484	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
55	18:38:38	73.73272	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
56	18:39:00	73.27189	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507

Gambar 35. Tabel Data Pengujian di Punggur Cuaca Hujan

c. Cuaca Setelah Hujan

- Sekupang

Pada titik lokasi Sekupang dengan kondisi setelah hujan, kadar CO terdeteksi 42 sampai 44 ppm yang berarti kualitas udara “baik”, dan kadar CH4 berkisar 498 sampai 530 ppm yang berarti kualitas udara “sedang”.

NO	WAKTU	KADAR CO (ppm)	KATEGORI CO	KADAR CH4 (ppm)	KATEGORI CH4	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
1	15:47:00	43.17618	BAIK	510.26392	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
2	15:47:22	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
3	15:47:43	42.92804	BAIK	507.33136	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
4	15:48:06	43.17618	BAIK	510.26392	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
5	15:48:28	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
6	15:48:49	42.6799	BAIK	504.39883	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
7	15:49:12	42.43176	BAIK	501.46628	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
8	15:49:33	42.43176	BAIK	501.46628	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
9	15:49:55	44.16874	BAIK	521.99414	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
10	15:50:17	42.43176	BAIK	501.46628	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
11	15:50:38	43.9206	BAIK	519.06158	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
12	15:51:00	44.16874	BAIK	521.99414	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
13	15:51:23	42.43176	BAIK	501.46628	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
14	15:51:44	43.9206	BAIK	519.06158	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
15	15:52:06	43.9206	BAIK	519.06158	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
16	15:52:28	42.18362	BAIK	498.53372	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
17	15:52:49	43.9206	BAIK	519.06158	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
18	15:53:11	43.9206	BAIK	519.06158	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327

19	15:53:34	42.18362	BAIK	498.53372	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
20	15:53:55	42.43176	BAIK	501.46628	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
21	15:54:17	44.16874	BAIK	521.99414	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
22	15:54:40	44.16874	BAIK	521.99414	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
23	15:55:01	42.6799	BAIK	504.39883	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
24	15:55:23	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
25	15:55:45	44.16874	BAIK	521.99414	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
26	15:56:09	44.16874	BAIK	521.99414	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
27	15:56:30	43.9206	BAIK	519.06158	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
28	15:56:53	44.16874	BAIK	521.99414	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
29	15:57:15	44.16874	BAIK	521.99414	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
30	15:57:38	42.43176	BAIK	501.46628	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
31	15:57:59	44.16874	BAIK	521.99414	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
32	15:58:21	44.16874	BAIK	521.99414	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
33	15:58:44	42.6799	BAIK	504.39883	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
34	15:59:06	44.16874	BAIK	521.99414	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
35	15:59:29	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
36	15:59:51	42.6799	BAIK	504.39883	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
37	16:00:13	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
38	16:00:34	44.16874	BAIK	521.99414	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
39	16:00:57	42.6799	BAIK	504.39883	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
40	16:01:18	44.91315	BAIK	530.79175	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
41	16:01:40	44.91315	BAIK	530.79175	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
42	16:02:02	42.92804	BAIK	507.33136	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
43	16:02:23	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
44	16:02:45	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
45	16:03:08	42.6799	BAIK	504.39883	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
46	16:03:29	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
47	16:03:51	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
48	16:04:13	42.92804	BAIK	507.33136	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
49	16:04:34	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
50	16:04:56	44.91315	BAIK	530.79175	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
51	16:05:19	42.6799	BAIK	504.39883	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
52	16:05:40	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
53	16:06:02	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
54	16:06:24	42.92804	BAIK	507.33136	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
55	16:06:45	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
56	16:07:07	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
57	16:07:29	42.92804	BAIK	507.33136	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
58	16:07:50	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
59	16:08:12	42.6799	BAIK	504.39883	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
60	16:08:35	42.92804	BAIK	507.33136	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
61	16:08:56	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
62	16:09:18	44.91315	BAIK	530.79175	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
63	16:09:41	43.17618	BAIK	510.26392	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
64	16:10:02	44.91315	BAIK	530.79175	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
65	16:10:24	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
66	16:10:46	43.17618	BAIK	510.26392	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
67	16:11:07	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
68	16:11:29	44.66501	BAIK	527.85919	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327
69	16:11:52	42.6799	BAIK	504.39883	SEDANG	SEKUPANG	1.10645	103.95327

Gambar 36. Tabel Data Pengujian di Sekupang Cuaca Setelah Hujan

- Batu Aji

Pada titik lokasi Batu Aji dengan kondisi setelah hujan, kadar CO terdeteksi 118 sampai 137 ppm yang berarti kualitas udara “buruk”, dan kadar CH4 berkisar 431 sampai 504 ppm yang berarti kualitas udara “sedang”.

NO	WAKTU	KADAR CO (ppm)	KATEGORI CO	KADAR CH4 (ppm)	KATEGORI CH4	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
1	17:27:19	118.54838	BURUK	431.08502	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
2	17:27:40	125.80645	BURUK	457.478	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
3	17:28:02	119.35484	BURUK	434.01758	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
4	17:28:24	120.16129	BURUK	436.9501	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
5	17:28:45	125.80645	BURUK	457.478	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
6	17:29:07	124.19355	BURUK	451.61288	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
7	17:29:30	120.16129	BURUK	436.9501	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
8	17:29:51	120.16129	BURUK	436.9501	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
9	17:30:13	125.80645	BURUK	457.478	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
10	17:30:36	120.16129	BURUK	436.9501	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
11	17:30:57	126.6129	BURUK	460.41052	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
12	17:31:19	127.41935	BURUK	463.34308	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
13	17:31:41	120.96774	BURUK	439.88266	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
14	17:32:02	127.41935	BURUK	463.34308	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
15	17:32:24	129.03226	BURUK	469.20819	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
16	17:32:47	124.19355	BURUK	451.61288	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
17	17:33:08	137.09677	BURUK	498.53372	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
18	17:33:30	137.09677	BURUK	498.53372	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
19	17:33:52	132.25806	BURUK	480.93839	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
20	17:34:13	138.70967	BURUK	504.39883	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
21	17:34:35	137.90323	BURUK	501.46628	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
22	17:34:57	133.06451	BURUK	483.87097	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
23	17:35:18	131.4516	BURUK	478.00583	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
24	17:35:40	137.09677	BURUK	498.53372	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
25	17:36:02	129.8387	BURUK	472.14072	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
26	17:36:23	135.48387	BURUK	492.66864	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
27	17:36:45	135.48387	BURUK	492.66864	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
28	17:37:07	129.03226	BURUK	469.20819	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
29	17:37:28	129.03226	BURUK	469.20819	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
30	17:37:50	135.48387	BURUK	492.66864	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
31	17:38:13	130.64516	BURUK	475.07327	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
32	17:38:34	135.48387	BURUK	492.66864	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
33	17:38:56	133.06451	BURUK	483.87097	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
34	17:39:19	128.2258	BURUK	466.27563	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
35	17:39:40	132.25806	BURUK	480.93839	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
36	17:40:02	133.06451	BURUK	483.87097	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
37	17:40:24	127.41935	BURUK	463.34308	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
38	17:40:45	132.25806	BURUK	480.93839	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
39	17:41:07	132.25806	BURUK	480.93839	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
40	17:41:30	126.6129	BURUK	460.41052	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
41	17:41:51	132.25806	BURUK	480.93839	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
42	17:42:13	131.4516	BURUK	478.00583	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
43	17:42:35	125.80645	BURUK	457.478	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
44	17:42:56	130.64516	BURUK	475.07327	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
45	17:43:18	131.4516	BURUK	478.00583	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
46	17:43:40	125.80645	BURUK	457.478	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
47	17:44:01	130.64516	BURUK	475.07327	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
48	17:44:23	130.64516	BURUK	475.07327	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
49	17:44:46	124.19355	BURUK	451.61288	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
50	17:45:07	129.8387	BURUK	472.14072	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
51	17:45:29	129.8387	BURUK	472.14072	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
52	17:45:51	124.19355	BURUK	451.61288	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
53	17:46:12	129.8387	BURUK	472.14072	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
54	17:46:34	129.8387	BURUK	472.14072	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
55	17:46:56	124.19355	BURUK	451.61288	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116
56	17:47:17	129.03226	BURUK	469.20819	SEDANG	BATU AJI	1.02358	103.998116

Gambar 37. Tabel Data Pengujian di Batu Aji Cuaca Setelah Hujan

- **Nongsa**

Pada titik lokasi Nongsa dengan kondisi setelah hujan, kadar CO terdeteksi 40 sampai 42 ppm yang berarti kualitas udara “baik”, dan kadar CH4 berkisar 372 sampai 392 ppm yang berarti kualitas udara “baik”.

NO	WAKTU	KADAR CO (ppm)	KATEGORI CO	KADAR CH4 (ppm)	KATEGORI CH4	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
1	20:19:24	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
2	20:19:45	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
3	20:20:07	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
4	20:20:29	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
5	20:20:51	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
6	20:21:12	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
7	20:21:35	40.5914	BAIK	374.68985	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
8	20:21:57	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
9	20:22:21	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
10	20:22:44	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
11	20:23:05	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
12	20:23:27	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
13	20:23:50	40.5914	BAIK	374.68985	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
14	20:24:12	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
15	20:24:34	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
16	20:24:56	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
17	20:25:18	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
18	20:25:39	40.5914	BAIK	374.68985	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
19	20:26:02	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
20	20:26:24	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
21	20:26:46	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
22	20:27:08	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
23	20:27:30	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
24	20:27:51	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
25	20:28:15	40.5914	BAIK	374.68985	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
26	20:28:35	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
27	20:28:57	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
28	20:29:20	40.5914	BAIK	374.68985	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
29	20:29:42	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
30	20:30:03	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
31	20:30:26	40.5914	BAIK	374.68985	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
32	20:30:47	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
33	20:31:09	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
34	20:31:32	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
35	20:31:53	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
36	20:32:15	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
37	20:32:38	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349

38	20:33:00	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
39	20:33:21	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
40	20:33:44	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
41	20:34:05	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
42	20:34:27	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
43	20:34:50	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
44	20:35:11	42.2043	BAIK	389.57816	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
45	20:35:33	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
46	20:35:56	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
47	20:36:18	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
48	20:36:39	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
49	20:37:01	40.5914	BAIK	374.68985	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
50	20:37:22	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
51	20:37:44	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
52	20:38:07	40.5914	BAIK	374.68985	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
53	20:38:29	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
54	20:38:50	42.74193	BAIK	394.54092	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
55	20:39:13	40.5914	BAIK	374.68985	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
56	20:39:35	42.47312	BAIK	392.05957	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
57	20:39:56	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
58	20:40:19	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349
59	20:40:41	40.32258	BAIK	372.20844	BAIK	NDP	1.18515	104.101349

Gambar 38. Tabel Data Pengujian di Nongsa Cuaca Setelah Hujan

- Punggur

Pada titik lokasi Punggur dengan kondisi setelah hujan, kadar CO terdeteksi 82 sampai 89 ppm yang berarti kualitas udara “sedang”, dan kadar CH4 berkisar 493 sampai 535 ppm yang berarti kualitas udara “sedang”.

NO	WAKTU	KADAR CO (ppm)	KATEGORI CO	KADAR CH4 (ppm)	KATEGORI CH4	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
1	18:44:38	82.25806	SEDANG	493.5484	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
2	18:44:59	86.55914	SEDANG	519.3548	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
3	18:45:21	82.7957	SEDANG	496.7742	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
4	18:45:43	82.7957	SEDANG	496.7742	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
5	18:46:04	86.55914	SEDANG	519.3548	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
6	18:46:26	86.55914	SEDANG	519.3548	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
7	18:46:49	82.7957	SEDANG	496.7742	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
8	18:47:10	86.55914	SEDANG	519.3548	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
9	18:47:32	87.09677	SEDANG	522.58063	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
10	18:47:54	82.7957	SEDANG	496.7742	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
11	18:48:15	87.09677	SEDANG	522.58063	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
12	18:48:37	86.55914	SEDANG	519.3548	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
13	18:48:59	83.87096	SEDANG	503.2258	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
14	18:49:20	87.09677	SEDANG	522.58063	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
15	18:49:42	87.09677	SEDANG	522.58063	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
16	18:50:05	83.87096	SEDANG	503.2258	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
17	18:50:26	87.09677	SEDANG	522.58063	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
18	18:50:48	87.6344	SEDANG	525.8064	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507

19	18:51:10	83.87096	SEDANG	503.2258	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
20	18:51:31	87.09677	SEDANG	522.58063	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
21	18:51:53	87.09677	SEDANG	522.58063	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
22	18:52:15	83.87096	SEDANG	503.2258	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
23	18:52:36	87.09677	SEDANG	522.58063	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
24	18:52:58	87.09677	SEDANG	522.58063	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
25	18:53:21	83.87096	SEDANG	503.2258	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
26	18:53:42	87.6344	SEDANG	525.8064	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
27	18:54:04	87.6344	SEDANG	525.8064	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
28	18:54:27	84.4086	SEDANG	506.4516	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
29	18:54:48	87.6344	SEDANG	525.8064	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
30	18:55:10	87.6344	SEDANG	525.8064	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
31	18:55:33	84.4086	SEDANG	506.4516	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
32	18:55:54	88.17204	SEDANG	529.03223	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
33	18:56:16	87.6344	SEDANG	525.8064	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
34	18:56:39	84.4086	SEDANG	506.4516	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
35	18:57:00	84.4086	SEDANG	506.4516	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
36	18:57:22	87.6344	SEDANG	525.8064	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
37	18:57:44	84.4086	SEDANG	506.4516	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
38	18:58:05	87.6344	SEDANG	525.8064	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
39	18:58:27	87.6344	SEDANG	525.8064	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
40	18:58:49	84.94624	SEDANG	509.6774	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
41	18:59:11	87.6344	SEDANG	525.8064	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
42	18:59:32	87.6344	SEDANG	525.8064	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
43	18:59:55	84.94624	SEDANG	509.6774	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
44	19:00:16	88.17204	SEDANG	529.03223	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
45	19:00:38	88.70968	SEDANG	532.25812	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
46	19:01:00	85.48386	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
47	19:01:21	88.70968	SEDANG	532.25812	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
48	19:01:43	88.70968	SEDANG	532.25812	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
49	19:02:06	86.0215	SEDANG	516.12903	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
50	19:02:27	89.24731	SEDANG	535.48389	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
51	19:02:50	88.70968	SEDANG	532.25812	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
52	19:03:12	85.48386	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
53	19:03:33	89.24731	SEDANG	535.48389	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
54	19:03:55	89.24731	SEDANG	535.48389	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
55	19:04:17	85.48386	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
56	19:04:38	88.70968	SEDANG	532.25812	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
57	19:05:01	85.48386	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
58	19:05:23	85.48386	SEDANG	512.9032	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
59	19:05:44	88.70968	SEDANG	532.25812	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507
60	19:06:07	88.70968	SEDANG	532.25812	SEDANG	PUNGGUR	1.100892	104.09507

Gambar 39. Tabel Data Pengujian di Punggur Cuaca Setelah Hujan

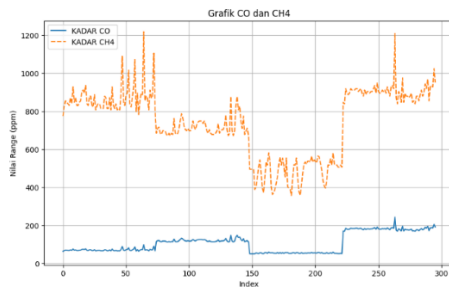
Kualitas udara sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor cuaca. Pada saat cuaca sebelum hujan (mendung) kondisi udara lembap, sehingga menyebabkan polutan seperti partikel debu, asap kendaraan, dan polutan industri. Sehingga kondisi kualitas udara yang terdeteksi ada beberapa yang baik dan ada pula yang terdeteksi buruk. Pada saat cuaca sedang hujan, kualitas udara tergolong bersih atau baik, karena hujan dapat membantu membersihkan udara dengan tetesan air hujan yang dapat mengangkat partikel debu dan polutan lainnya yang kemudian dibawa ke tanah. Hujan juga dapat menghilangkan konsentrasi gas polutan di udara. Pada saat cuaca setelah hujan, kualitas udara biasanya membaik karena banyak polutan yang terbawa oleh air hujan, sehingga udara menjadi lebih lembap. Kualitas udara yang baik yaitu pada saat cuaca hujan, karena cuaca lembap dan polutan udara terbawa oleh air hujan sehingga kadar kualitas udara

tergolong baik. Kualitas udara terdeteksi buruk pada saat cuaca panas atau cerah, karena udara terbawa angin, dan banyaknya asap kendaraan, asap industri dan asap pembakaran terbuka.

4.2.4. Pengujian *Fuzzy Sugeno*

Pengujian dengan menggunakan metode *Fuzzy Sugeno* dilakukan untuk mengolah data dan membandingkan hasil pengujian pada alat. Hasil pengujian dengan menggunakan metode *fuzzy* dapat menghasilkan *output* yang tidak jauh berbeda dibandingkan dengan pengujian alat. Grafik hasil pengujian menunjukkan hubungan antara nilai *input* dan *output* yang dihasilkan oleh sistem *fuzzy* menggambarkan kecocokan terhadap data yang didapat.

Berikut ini adalah grafik keseluruhan CO dan CH4 dari keempat titik lokasi tersebut.

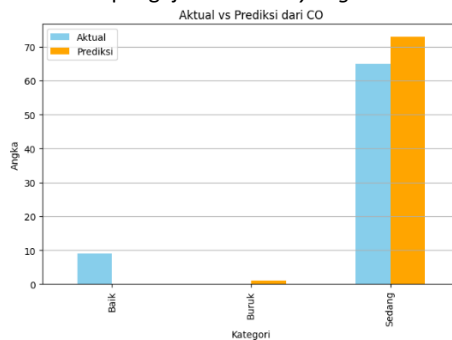


Gambar 40. Grafik CO dan CH4 Keseluruhan

Hasil dari pengujian *Fuzzy Sugeno* pada empat titik lokasi sebagai berikut:

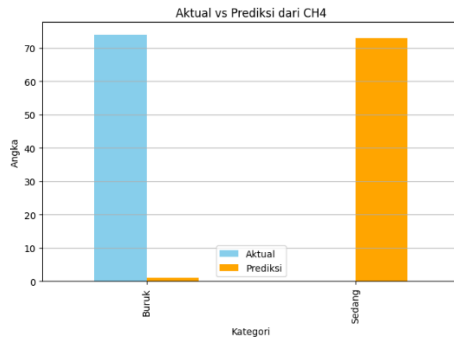
1. Sekupang

Berikut ini adalah hasil pengujian dari *Fuzzy Sugeno*:



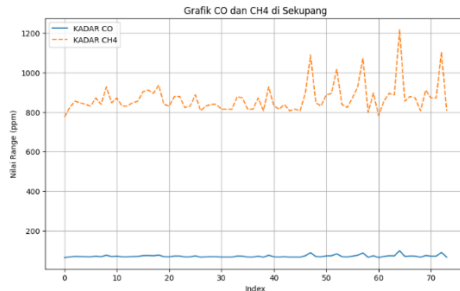
Gambar 41. Grafik Aktual dan Prediksi CO di Sekupang

Dari grafik batang CO di atas, terdapat 9 data secara aktual tergolong “baik”, namun pada logika *fuzzy* terprediksi 8 data “baik” dan 1 data terprediksi “buruk”. Serta, terdapat 65 data aktual tergolong “sedang” dan 73 data terprediksi “sedang”.



Gambar 42. Grafik Aktual dan Prediksi CH4 di Sekupang

Dari grafik batang CH4 di atas, terdapat 74 data secara aktual tergolong “buruk”, namun pada logika *fuzzy* terprediksi 1 data “buruk” dan 73 data terprediksi “sedang”.

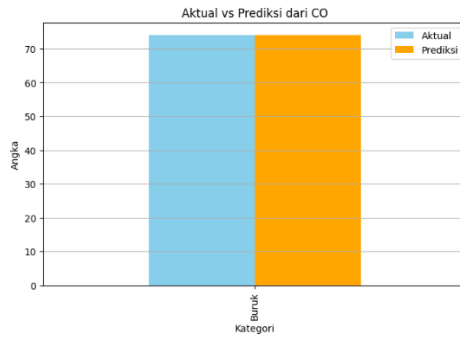


Gambar 43. Grafik CO dan CH4 di Sekupang

Pada gambar di atas, terdapat grafik CO dan CH4 pada titik lokasi Sekupang dengan *range* CO berkisar 60 sampai 100 ppm, di mana kualitas udara pada titik tersebut adalah sedang. Dan CH4 berkisar 700 sampai 1000 ppm yang berarti kualitas udara CH4 adalah buruk.

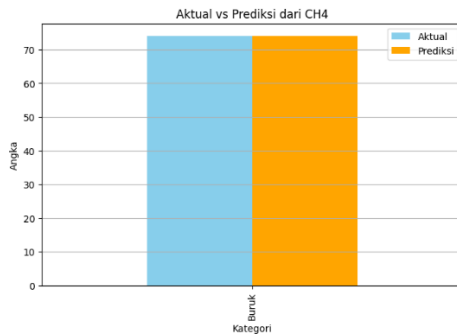
2. Batu Aji

Berikut ini adalah hasil pengujian dari *Fuzzy Sugeno*:



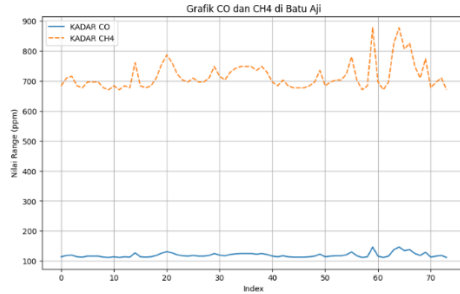
Gambar 44. Grafik Aktual dan Prediksi CO di Batu Aji

Dari grafik batang CO di atas, terdapat 74 data aktual dan prediksi yang terbaca "buruk", menandakan bahwa hasil dari *fuzzy* sama dengan data hasil pengujian alat.



Gambar 45. Grafik Aktual dan Prediksi CH4 di Batu Aji

Dari grafik batang CH4 di atas, terdapat 74 data aktual dan prediksi yang terbaca "buruk", menandakan bahwa hasil dari *fuzzy* sama dengan data hasil pengujian alat.

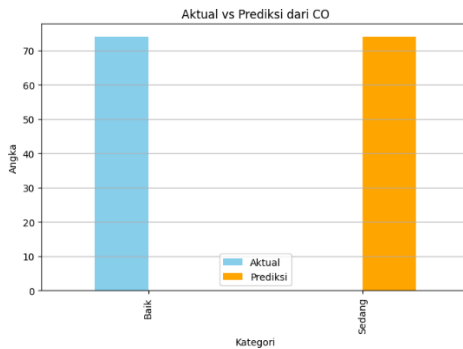


Gambar 46. Grafik CO dan CH4 di Batu Aji

Pada gambar 46, terdapat grafik CO dan CH4 pada titik lokasi Batu Aji dengan *range* CO berkisar 100 sampai 150 ppm, sedangkan CH4 berkisar 600 sampai 900 ppm. Di mana pada titik lokasi Batu Aji kondisi kualitas udara konsisten buruk.

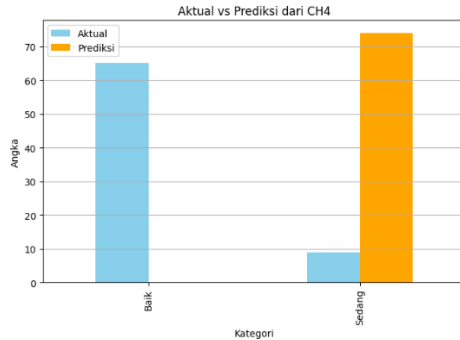
3. Nongsa

Berikut ini adalah hasil pengujian dari *Fuzzy Sugeno*:



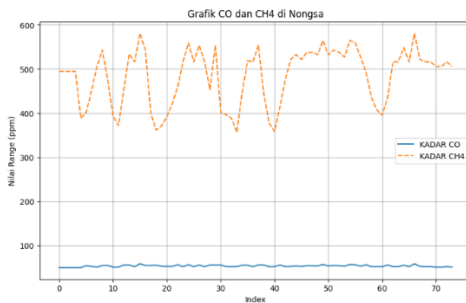
Gambar 47. Grafik Aktual dan Prediksi CO di Nongsa

Dari grafik batang CO di atas, terdapat 74 data aktual yang terbaca “baik” dan 74 data terprediksi “sedang”.



Gambar 48. Grafik Aktual dan Prediksi CH4 di Nongsa

Dari grafik batang CH4 di atas, terdapat 65 data aktual yang terbaca “baik” dan 9 data aktual terbaca “sedang”, serta 74 data terprediksi “sedang”.

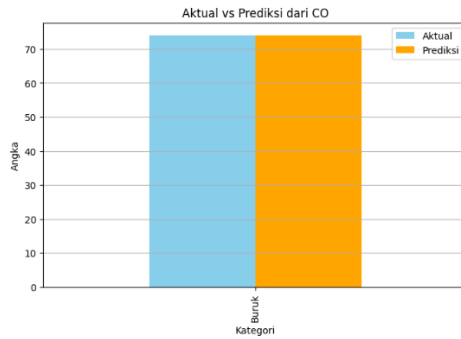


Gambar 49. Grafik CO dan CH4 di Nongsa

Pada gambar 49, terdapat grafik CO dan CH4 pada titik lokasi Nongsa dengan *range* CO berkisar 40 sampai 60 ppm yang berarti kualitas udara baik, sedangkan CH4 berkisar 350 sampai 600 ppm yang berarti kualitas udara di titik Nongsa terdeteksi sedang.

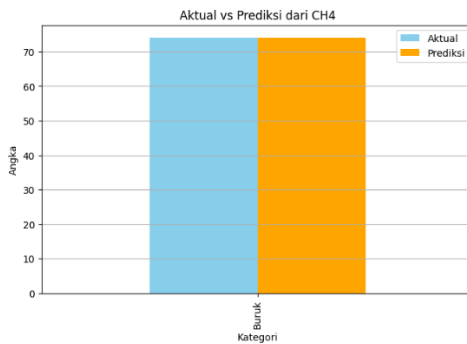
4. Punggur

Berikut ini adalah hasil pengujian dari *Fuzzy Sugeno*:



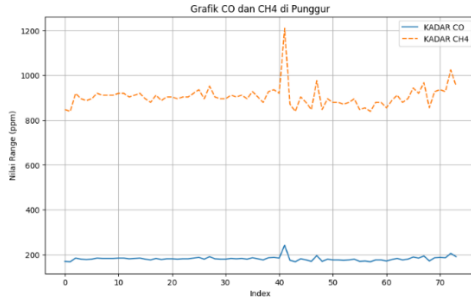
Gambar 50. Grafik Aktual dan Prediksi CO di Punggur

Dari grafik batang CO di atas, terdapat 74 data aktual dan prediksi yang terbaca “buruk” secara konsisten.



Gambar 51. Grafik Aktual dan Prediksi CH4 di Punggur

Dari grafik batang CH4 di atas, terdapat 74 data aktual dan prediksi yang terbaca “buruk” secara konsisten di titik Punggur.



Gambar 52. Grafik CO dan CH4 di Punggur

Pada gambar 52, terdapat grafik CO dan CH4 pada titik lokasi Punggur dengan *range* CO berkisar 160 sampai 250 ppm yang berarti kualitas udara buruk, sedangkan CH4 berkisar 800 sampai 1200 ppm yang berarti kualitas udara di titik Punggur terdeteksi buruk pula.

Hasil pengujian menggunakan metode *Fuzzy Sugeno* memberikan gambaran yang jelas tentang kemampuan sistem dalam memprediksi kualitas udara berdasarkan konsentrasi kadar Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH4) di empat titik lokasi Kota Batam. Penggunaan metode *Fuzzy Sugeno* dalam pengujian ini bertujuan untuk mengolah data dan membandingkan hasil yang diperoleh dari alat pengukur dengan *output* yang dihasilkan oleh sistem *fuzzy*. Pengujian ini divisualisasikan melalui grafik untuk menggambarkan tingkat kecocokan antara hasil aktual dan prediksi. Grafik keseluruhan kadar Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH4) di empat titik lokasi ini menunjukkan perubahan tidak menentu dari kadar polutan tersebut yang menggambarkan pengaruh aktivitas lingkungan dan aktivitas padat lalu lintas. Pada titik lokasi Sekupang, hasil grafik aktual serta prediksi menunjukkan tingkat akurasi yang “baik” dalam mengklasifikasikan kategori kualitas udara, baik kadar Karbon Monoksida (CO) maupun Metana (CH4). Grafik Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH4) di titik ini juga menampilkan pola yang konsisten meskipun terdapat beberapa perubahan pola grafik akibat aktivitas di sekitar.

Hasil pengujian di titik lokasi Batu Aji, kadar Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH4) menunjukkan bahwa dominan berada dalam kategori “buruk”, sesuai dengan tingginya aktivitas pembakaran terbuka dan padat lalu lintas di wilayah ini. Grafik menunjukkan kemampuan sistem dalam memprediksi kualitas udara dengan tingkat akurasi yang cukup baik, dapat terlihat dari kecocokan antara grafik aktual dan prediksi kadar Karbon Monoksida (CO) serta Metana (CH4). Grafik Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH4) di titik lokasi Batu Aji sangat meyakinkan hasil ini, dengan pola kadar polutan yang konsisten tinggi. Sementara di titik lokasi Nongsa, hasil pengujiannya menunjukkan bahwa kadar

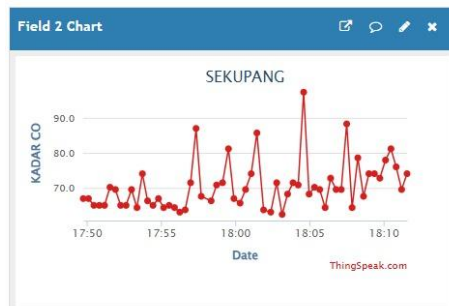
Karbon Monoksida (CO) konsisten berada dalam kategori “baik”, sedangkan Metana (CH₄) cenderung pada kategori “sedang”. Grafik aktual dan prediksi di titik lokasi ini menunjukkan kecocokan yang baik, hal ini menandakan bahwa sistem dapat memprediksi kategori kualitas udara dengan tingkat keakuratan yang stabil. Grafik Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH₄) di titik lokasi Nongsa ini menampilkan tren yang stabil dibandingkan titik lokasi lain, meskipun ada potensi kenaikan kadar polutan di waktu-waktu tertentu tergantung aktivitas sekitar lokasi pengujian.

Tingkat polusi udara yang tinggi berada di titik lokasi Punggur, di mana kadar Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH₄) secara konsisten berada dalam kategori “buruk”. Grafik aktual dan prediksi di titik ini untuk kedua polutan tersebut menunjukkan pola yang hampir sejajar, menunjukkan pergerakan kadar polutan yang signifikan, sesuai dengan kondisi lingkungan sekitar yang penuh debu dan asap aktivitas padat lalu lintas. Dapat disimpulkan bahwa, hasil pengujian dengan metode *Fuzzy Sugeno* menunjukkan tingkat kecocokan yang baik antara data aktual dan prediksi, membuktikan bahwa metode ini dapat digunakan secara efektif.

4.2.5. Pengujian *ThingSpeak*

Pengujian sistem pemantauan kualitas udara menggunakan platform *ThingSpeak* untuk mengumpulkan dan menganalisis data yang didapatkan. Data yang diterima pada *ThingSpeak* berupa data secara *real-time* yang kemudian menghasilkan grafik hasil dari konsentrasi senyawa CO dan CH₄ yang terdeteksi. Berikut adalah hasil grafik dari *ThingSpeak*:

- **Sekupang:**



Gambar 53. Grafik CO di Sekupang

Pada gambar 53 terdapat grafik hasil pengujian *ThingSpeak* dari kadar CO dengan nilai 60 sampai dengan 100 ppm dengan *range* waktu 20 menit pendeteksian.



Gambar 54. Grafik CH4 di Sekupang

Pada gambar 54 terdapat grafik hasil pengujian *ThingSpeak* dari kadar CH4 dengan nilai 700 sampai dengan 1200 ppm dengan *range* waktu 20 menit pendeteksian.

- **Batu Aji:**



Gambar 55. Grafik CO di Batu Aji

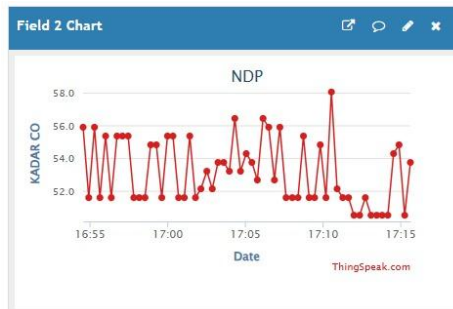
Pada gambar 55 terdapat grafik hasil pengujian *ThingSpeak* dari kadar CO dengan nilai 100 sampai dengan 150 ppm dengan *range* waktu 20 menit pendeteksian.



Gambar 56. Grafik CH4 di Batu Aji

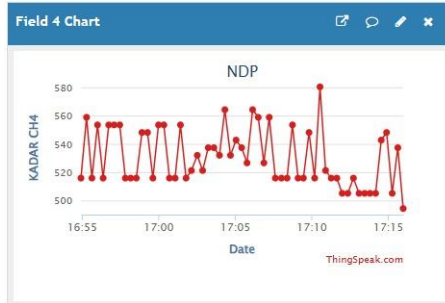
Pada gambar 56 terdapat grafik hasil pengujian *ThingSpeak* dari kadar CH4 dengan nilai 600 sampai dengan 900 ppm dengan *range* waktu 20 menit pendeteksian.

- **Nongsa:**



Gambar 57. Grafik CO di Nongsa

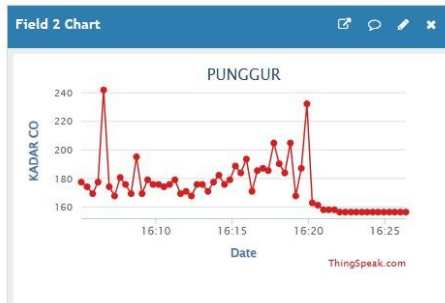
Pada gambar 57 terdapat grafik hasil pengujian *ThingSpeak* dari kadar CO dengan nilai 40 sampai dengan 60 ppm dengan *range* waktu 20 menit pendeteksian.



Gambar 58. Grafik CH4 di Nongsa

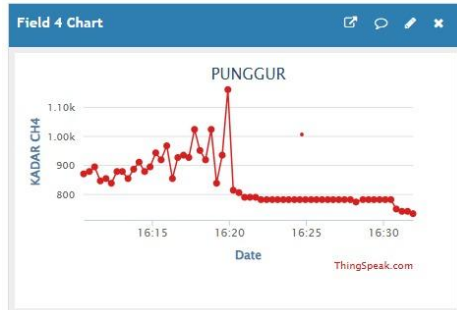
Pada gambar 58 terdapat grafik hasil pengujian *ThingSpeak* dari kadar CH4 dengan nilai 350 sampai dengan 600 ppm dengan *range* waktu 20 menit pendeteksian.

- **Punggur:**



Gambar 59. Grafik CO di Punggur

Pada gambar 59 terdapat grafik hasil pengujian *ThingSpeak* dari kadar CO dengan nilai 150 sampai dengan 250 ppm dengan *range* waktu 20 menit pendeteksian.



Gambar 60. Grafik CH4 di Punggur

Pada gambar 60 terdapat grafik hasil pengujian *ThingSpeak* dari kadar CH4 dengan nilai 750 sampai dengan 1200 ppm dengan *range* waktu 20 menit pendeteksian.

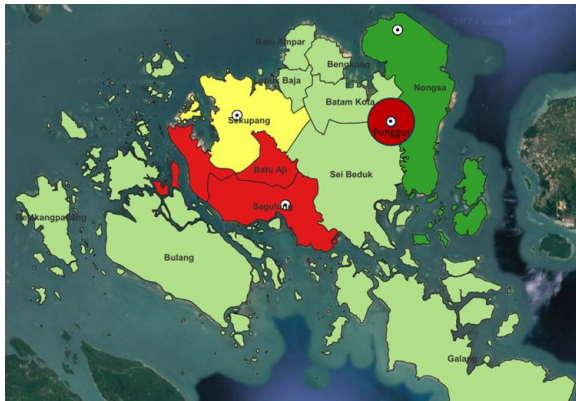
Pengujian sistem menggunakan platform *ThingSpeak* ini adalah untuk mengumpulkan dan menganalisis data secara *real-time*, yang kemudian divisualisasikan dalam grafik untuk memantau konsentrasi kadar Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH4) di empat titik lokasi yaitu Sekupang, Batu Aji, Nongsa dan Punggur. Sistem ini memanfaatkan koneksi internet untuk mengirimkan data dari sensor langsung ke server *ThingSpeak*, di mana data tersebut disimpan dan divisualisasikan dalam bentuk grafik. Berbeda dengan pengujian sistem menggunakan *Fuzzy Sugeno*, di mana hanya menganalisis dan klasifikasi untuk memberikan hasil interpretasi yang mempermudah dalam pengambilan keputusan berbasis data. Sementara penggunaan platform *ThingSpeak* lebih fokus pada pemantauan secara *real-time* dari data yang dikirimkan oleh sensor. Setiap data yang dikirim oleh sensor divisualisasikan dalam bentuk grafik yang menggambarkan perubahan konsentrasi kadar Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH4).

Hasil grafik dari pengujian sistem dengan platform *ThingSpeak* kurang lebih sama dengan pengujian menggunakan *Fuzzy Sugeno*, hasil grafik menunjukkan bahwa hasil pengujian kualitas udara di titik lokasi Sekupang dan Nongsa relatif lebih baik dengan kadar Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH4) yang berada di kategori “sedang” cenderung “buruk”, serta perubahan kecil pada kadar Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH4) di titik lokasi Nongsa. Sebaliknya, titik lokasi Batu Aji dan Punggur memiliki kualitas udara yang lebih buruk dengan kadar Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH4) yang konsisten tinggi dalam kategori “buruk”, hal ini disebabkan oleh aktivitas sekitar seperti pembakaran terbuka dan padatnya lalu lintas serta emisi dari industri. Pengujian sistem dengan platform *ThingSpeak* ini berhasil memvisualisasikan data secara *real-time* yang memberikan

gambaran perubahan tren dari grafik mengenai kualitas udara di setiap titik lokasi pengujian.

4.3. Hasil Pemetaan Data dan Pembahasan

Pemetaan data menggunakan aplikasi QGIS menghasilkan visualisasi berupa peta dengan memasukkan data kualitas udara yang telah didapatkan. Warna peta sesuai dengan hasil deteksi kualitas udara di empat titik Kota Batam. Di Sekupang ditandai oleh warna kuning, berarti kualitas udara berkisar sedang menuju ke buruk. Batu Aji berwarna merah, berarti kualitas udara buruk. Nongsa berwarna hijau tua, berarti kualitas udara baik menuju sedang. Punggur berwarna merah, berarti kualitas udara buruk. Sedangkan titik yang tidak dilakukan deteksi berwarna hijau muda. Untuk membuat peta ini, diperlukan *shapefile* (SHP) Kota Batam dan data dalam bentuk format .CSV yang berisikan data kualitas udara serta lokasi geografis yaitu titik *latitude* dan *longitude* untuk menentukan titik lokasi pada peta.

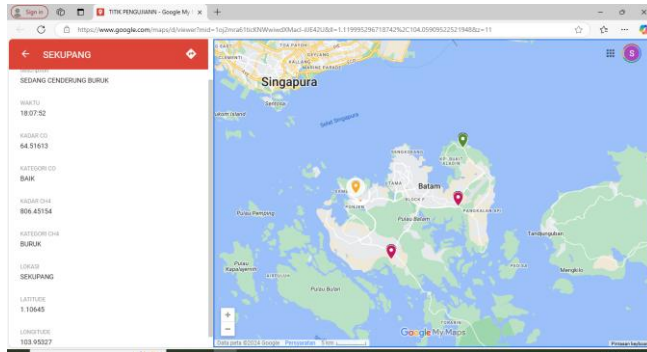


Gambar 61. Hasil pada QGIS

Pada pemetaan data menggunakan *Software* QGIS, dapat diakses secara umum melalui *Google My Maps*. Berikut adalah *link* peta tersebut:
[TITIK PENGUJIANN - Google My Maps](#)

Peta dari QGIS di ekspor ke format KML, lalu di unggah ke platform *Google My Maps*, setelah di unggah maka akan tampil peta dengan empat titik lokasi yang telah di *input* kemudian menampilkan keterangan kadar Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH₄) kategori polutan, *latitude*, *longitude* dan waktu di mana pengujian dilakukan. Berikut adalah tampilan dari platform *Google My Maps*:

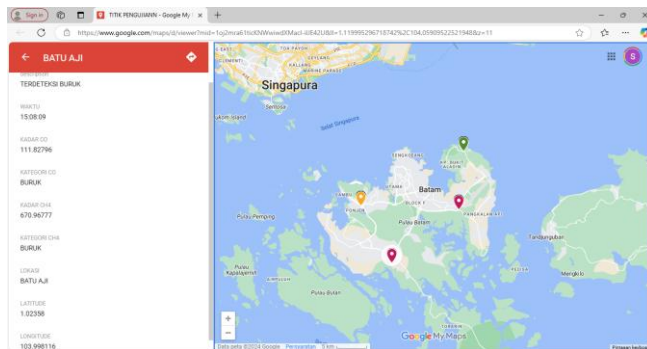
- **Sekupang**



Gambar 62. Tampilan Google My Maps Titik Lokasi Sekupang

Pada gambar 62, titik lokasi Sekupang dengan titik *latitude* 1.10645 dan titik *longitude* 103.95327 mendapatkan hasil kualitas udara kadar CO 64 ppm yang berarti kualitas udara “baik”, dan kadar CH4 806 ppm yang berarti kualitas udara “buruk”.

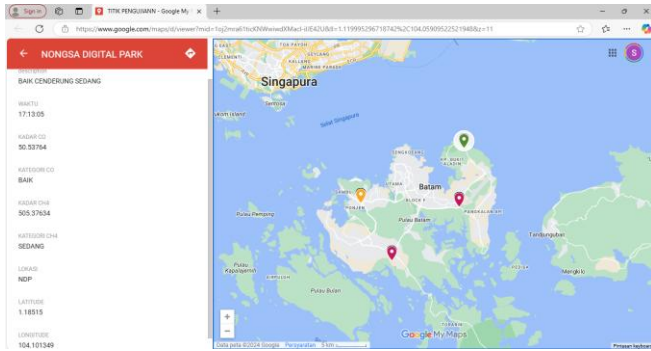
- **Batu Aji**



Gambar 63. Tampilan Google My Maps Titik Lokasi Batu Aji

Pada gambar 63, titik lokasi Batu Aji dengan titik *latitude* 1.02358 dan titik *longitude* 103.998116 mendapatkan hasil kualitas udara kadar CO sebesar 111 ppm yang berarti kualitas udara “buruk”, dan kadar CH4 sebesar 670 ppm yang berarti kualitas udara “buruk”.

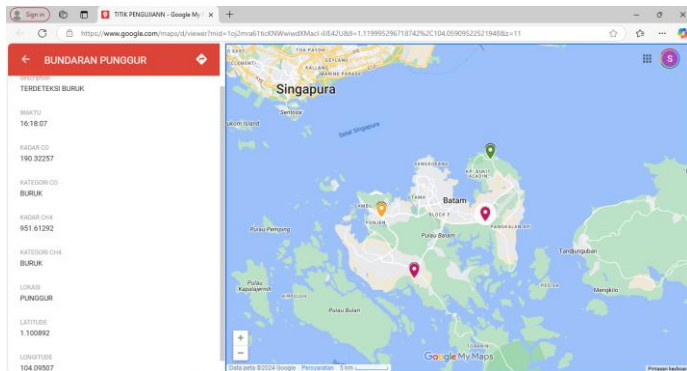
- **Nongsa**



Gambar 64. Tampilan Google My Maps Titik Lokasi Nongsa

Pada gambar 64, titik lokasi Nongsa dengan titik *latitude* 1.18515 dan titik *longitude* 104.101349 mendapatkan hasil kualitas udara kadar CO sebesar 50 ppm yang berarti kualitas udara “baik”, dan kadar CH4 sebesar 505 ppm yang berarti kualitas udara “sedang”.

- **Punggur**



Gambar 65. Tampilan Google My Maps Titik Lokasi Punggur

Pada gambar 65, titik lokasi Punggur dengan titik *latitude* 1.100892 dan titik *longitude* 104.09507 mendapatkan hasil kualitas udara kadar CO sebesar 190 ppm yang berarti kualitas udara “buruk”, dan kadar CH4 sebesar 951 ppm yang berarti kualitas udara “buruk”.

Pembuatan peta di *Software QGIS* yang kemudian dapat di akses melalui *Google My Maps* harus melakukan beberapa tahap yaitu, siapkan *shapefile* Kota Batam dan juga data hasil pengujian dalam bentuk format .CSV yang berisi informasi geografis seperti *latitude* dan *longitude* serta kategori kadar Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH₄) yang kemudian di impor ke dalam QGIS. Selanjutnya adalah menggabungkan data kualitas udara dengan *shapefile* menggunakan atribut yang sesuai, seperti nama wilayah atau koordinat guna untuk memastikan data kualitas udara dapat dipetakan ke lokasi yang tepat. Setelah itu, atur simbologi peta untuk mempresentasikan kategori kualitas udara dengan warna-warna yang berbeda seperti, warna kuning untuk titik lokasi Sekupang yang menandakan bahwa kategori di titik ini adalah sedang cenderung ke buruk, warna merah untuk titik lokasi Batu Aji dan Punggur yang menandakan bahwa kategori di titik ini adalah konsisten buruk dan warna hijau untuk titik lokasi Nongsa yang menandakan bahwa kategori di titik ini adalah baik cenderung sedang, dengan demikian data akan lebih mudah dipahami secara visual.

Setelah simbolisasi selesai, peta di ekspor ke dalam format KML (*Keyhole Markup Language*) yang sesuai dengan *Google My Maps*. Kemudian file KML ini diunggah ke platform *Google My Maps* agar bisa di akses tanpa harus memiliki *Software QGIS*. Tampilan peta pada platform ini akan menampilkan informasi kadar Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH₄), kategori polutan, *latitude*, *longitude* serta waktu pengukuran di setiap titik lokasi pada peta.

4.4. Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian ini menggunakan sensor MQ-138, yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH₄) dengan memanfaatkan GPS *Ublox NEO 6M* dan SIG melalui *Software QGIS* untuk pemetaan data spasial, penelitian ini memiliki keunggulan dalam akurasi dan integrasi teknologi dibandingkan penelitian terdahulu. Dibandingkan perangkat seperti Geo Air (2022) yang mencakup lebih banyak parameter, namun harganya mahal dan kurang akurat, penelitian ini lebih terjangkau meski tidak mendeteksi suhu dan kelembapan. Sementara, sensor MQ-135 (2023) dan TGS 2600 (2016) memiliki sensitivitas lebih rendah dan rentan terhadap faktor lingkungan, sensor MQ-138 menawarkan keandalan yang lebih baik. Penelitian ini juga mengatasi keterbatasan selektivitas sensor lain, seperti DHT11 yang kurang akurat. Meskipun masih terbatas pada pengujian di empat titik lokasi di Kota Batam dan bergantung pada koneksi internet. Dengan kombinasi akurasi deteksi gas dan visualisasi data spasial, penelitian ini unggul dalam memberikan solusi komprehensif untuk memantau kualitas udara dibandingkan sebagian besar penelitian sebelumnya.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berhasil menunjukkan bagaimana teknologi dapat dimanfaatkan untuk memantau dan memetakan kualitas udara secara efisien. Penelitian ini berfokus pada “Analisis Kualitas Udara dengan Sensor MQ-138 Berkemampuan GPS dan Teknologi Pemetaan dengan Metode SIG (Sistem Informasi Geografis) di Kota Batam”. Sensor MQ-138 digunakan untuk mendeteksi Karbon Monoksida (CO) dan Metana (CH₄) sebagai indikator utama kualitas udara, sementara GPS *Ublox* NEO 6M memberikan koordinat lokasi yang mendukung pemetaan data spasial melalui *Software QGIS*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa di Sekupang kadar CO berkisar antara 50 sampai dengan 85 ppm yang berarti kualitas udara pada titik Sekupang terdeteksi “sedang” dan CH₄ antara 620 sampai 750 ppm yang berarti “buruk”, dan pada titik Nongsa kadar CO berkisar antara 49 sampai 58 ppm yang terdeteksi “baik” dan CH₄ antara 356 sampai 580 ppm yang terdeteksi “sedang”. Sementara di Batu Aji kadar CO dan CH₄ masing-masing berkisar antara 111 sampai 146 ppm dan 670 sampai 877 ppm yang terdeteksi “buruk” dan di Punggur kadar CO berkisar antara 167 sampai 242 ppm dan CH₄ antara 839 sampai 1209 ppm di mana keduanya dalam kategori “buruk”. Faktor lingkungan dan aktivitas manusia seperti pembakaran terbuka serta kepadatan lalu lintas sangat mempengaruhi hasil pengujian ini. Dengan penerapan metode *Fuzzy Sugeno*, klasifikasi dan analisis data kualitas udara menunjukkan hasil yang konsisten dengan pengukuran langsung, menegaskan akurasi sistem dalam memetakan kategori kualitas udara. Penelitian ini membuktikan bahwa teknologi berbasis sensor, GPS dan SIG dapat menjadi solusi efektif untuk pemantauan kualitas udara dan mendukung pengambilan keputusan dalam upaya menjaga kesehatan lingkungan.

5.2. Saran

Dalam pengerjaan penelitian tugas akhir ini masih terdapat beberapa hal yang dapat ditambahkan. Berdasarkan hal tersebut penulis dapat memberikan saran sebagai berikut:

1. Untuk pengembangan selanjutnya, yaitu integrasi dengan teknologi canggih seperti *drone* yang dilengkapi dengan sensor MQ-138 untuk mengumpulkan data tentang polutan udara di lokasi yang sulit di jangkau, seperti daerah terpencil, area industri, atau lokasi bencana. Dengan kemampuan terbang dari *drone* dapat menjangkau ketinggian dan area yang tidak dapat di akses oleh manusia atau kendaraan.

2. Disarankan untuk mengintegrasikan fitur pemantauan berkelanjutan di lokasi tanpa jaringan internet dengan menambahkan modul penyimpanan lokal untuk menyimpan data sementara, yang kemudian dapat disinkronkan ke server saat koneksi tersedia. Penggunaan teknologi komunikasi alternatif seperti LoRa, GSM, atau satelit dapat dipertimbangkan untuk memastikan data tetap dapat dikirimkan meskipun dari lokasi terpencil.

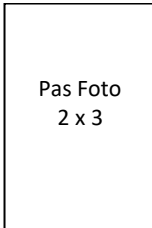
Daftar Pustaka

- [1] Y. M. Park, "A GPS-enabled portable air pollution sensor and web-mapping technologies for field-based learning in health geography," *Journal of Geography in Higher Education*, vol. 46, no. 2, pp. 241-242, 2022.
- [2] H. Muhammad Hasanuddin, "Sistem Monitoring dan Deteksi Dini Pencemaran Udara Berbasis Internet of Things (IOT)," *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, vol. 4, no. 4, pp. 976-977, 2023.
- [3] S. d. B. S. Tito Tuesnadi, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Polusi Udara Portabel Berbasis Koordinat GPS (Global Positioning System)," *Transient*, vol. 5, no. 2, p. 111, 2016.
- [4] A. M. d. M. R. T. S. Ahmad Daerobi, "Rancang Bangun Sistem Pemantauan dan Pengendali Kualitas Udara Pada Aplikasi Welding Habitat Proses Welding Pipeline Sistem Dengan Data Logger," *Jurnal Penelitian dan Pengkajian Sains dan Teknologi*, vol. 33, no. 3, p. 74, 2023.
- [5] M. A. B. d. B. D. S. Ziyadatul Majidah, "Implementasi Fuzzy Logic Mamdani Untuk Monitoring Kualitas Udara Berbasis IOT," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 2, no. 1, p. 2, 2024.
- [6] A. S. d. N. H. Y. Kezia Erlina Kristian, "Alat Deteksi Kadar Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbasis Mikrokontroler dan IoT," *Jurnal Sains, Teknologi, Sosial, Pendidikan, dan Bahasa*, vol. 9, no. 2, pp. 17-19, 2024.
- [7] Y. M. Park, "A GPS-Enabled Portable Air Pollution Sensor and Web-mapping Technologies for Field-Based Learning in Health geography," *Journal of Geography in Higher Education*, vol. 46, no. 02, pp. 242 - 245, 2022.
- [8] M. H. d. Herdianto, "Sistem Monitoring dan Deteksi Dini Pencemaran Udara Berbasis Internet Of Things (IOT)," *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)* , vol. 4, no. 4, pp. 976-977, 2023.
- [9] S. a. B. S. Tito Tuesnadi, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING POLUSI UDARA PORTABEL BERBASIS KOORDINAT GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)," *TRANSIENT*, vol. 5, no. 2, pp. 112-113, 2016.

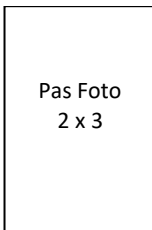
- [10] A. S. P. E. R. Suhendar, "RANCANG BANGUN PEMANTAU KUALITAS UDARA REAL TIME TERINTEGRASI DENGAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (GIS)," *KNSI*, vol. 111, no. 2, pp. 581-582, 2016.
- [11] A. B. S. Umbu, "Analisis Grafik Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-135 Untuk Menentukan Persamaan Hubungan Antara ppm dan Rs/Ro," *Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 11, no. 02, pp. 49-50, 2023.
- [12] R. D. E. P. Gita Pati Humairoh, "Prototipe Pengendalian Kualitas Udara Indoor Menggunakan Mikrokontroler dengan Sensor MQ135, DHT-22, dan Filter HEPA," *Serambi Engineering*, vol. VII, no. 1, pp. 2529-2530, 2022.
- [13] E. P. H. D. K. H. M. S. W. Adam Faroqi, "PERANCANGAN ALAT PENDETEKSI KADAR POLUSI UDARA MENGGUNAKAN SENSOR GAS MQ-7 DENGAN TEKNOLOGI WIRELESS HC-05," *ISSN*, vol. X, no. 2, pp. 33-35, 2016.
- [14] A. P. A. A. H. Jaka Prayudha, "IMPLEMENTASI METODE FUZZY LOGIC UNTUK SISTEM PENGUKURAN KUALITAS UDARA DI KOTA MEDAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)," *JURTEKSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi)*, vol. IV, no. 2, pp. 141-142, 2018.
- [15] R. T. W. M. A. F. U. Heri Subagiyo, "Rancang Bangun Sensor Node untuk Pemantauan Parameter Kualitas Udara," *Jurnal Sains, Teknologi, dan Industri*, vol. 18, no. 1, pp. 72-75, 2020.
- [16] D. T. S. Ikhwan Prayoga, "SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA SECARA REALTIME DENGAN PERINGATAN BAHAYA KUALITAS UDARA TIDAK SEHAT MENGGUNAKAN PUSH NOTIFICATION," *Jurnal Komputer dan Aplikasi*, vol. 08, no. 02, pp. 91-94, 2020.
- [17] D. D. d. R. F. I. Maidasari Br Manurung, "Perancangan Alat Ukur Kadar Karbon Monoksida (CO) Pada Kendaraan Berbasis Sensor MQ-7," *Proceeding of Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 2358-2359, 2018.
- [18] R. T. W. M. A. d. F. U. Heri Subagiyo, "Rancang Bangun Sensor Node untuk Pemantauan Parameter Kualitas Udara," *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 18, no. 1, pp. 76-77, 2020.
- [19] H. S. d. K. W. Arie Herlambang, "Produksi Gas Metana Dari Pengelolaan Sampah Perkotaan Dengan Sistem Sel," *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 11, no. 3, pp. 396-397, 2010.
- [20] I. K. J. J. Koko Mukti Wibowo, "Sistem Informasi Geografis (SIG) Menentukan Lokasi Pertambangan Batu Bara di Provinsi Bengkulu Berbasis Website," *Jurnal Media Infotama*, vol. 11, no. 1, pp. 51-53, 2015.

- [21] Y. N. A. B. d. B. K. G Manjela Eko Hartoyo, "Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis (SIG) Tingkat Dasar," *Tropenbos International Indonesia Programmer*, pp. 1-2, 2010.
- [22] M. d. D. R. S. S. M. Suhadi Purwantara, Modul Praktikum Sistem Informasi Geografis, Yogyakarta: Suhadi Purwantara, M.Si. dan Dyah Respati Suryo Sumunar, M.Si., 2010.
- [23] D. P. S. W. S. A. Pauzi(d), "Aplikasi Sensor TGS2620 dan MQ138 untuk Mendeteksi Kematangan Buah Durian Berbasis Raspberry Pi 3B," *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 09, no. 02, p. 168, 2021.
- [24] D. A. Ignatius Deradjad Pranowo, "Smart monitoring system using NodeMCU for maintenance of production machines," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 25, no. 02, pp. 2 - 3, 2022.
- [25] D. A. A. 2. N. R. 3. I. 4. Anisa Sholawati 1), "Aplikasi Sistem Informasi Geografis Dalam Pemetaan Rumah Sakit Saskatchewan, Kanada," *Kreatif Teknologi dan Sistem Informasi (KRETISI)*, vol. 1, no. 1, p. 24, 2023.
- [26] S. R. S. N. M. T. Yohanes C Saghoa, "Kotak Penyimpanan Uang Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 7, no. 02, pp. 167-168, 2018.

Biodata



Nama : Nandita Salsabilla Febriana
TTL : Batam, 25 Februari 2003
Agama : Islam
Alamat : Legenda Malaka Blok A8 No. 09
Email : sabilafebriana25@gmail.com
Riwayat Pendidikan SMA/SMK : SMA Nabilah Batam
SMP : SMP Negeri 12 Batam



Nama : Sri Wahyu Ningsih
TTL : Sungai Danai, 22 Mei 2003
Agama : Islam
Alamat : Kavling Nato Permata Blok C3 No.57
Email : sriwahyuuningsih05@gmail.com
Riwayat Pendidikan SMA/SMK : SMK Negeri Kundur
SMP : SMP Negeri 001 Kundur

Lampiran

Silakan masukkan lampiran yang diperlukan. Jika diperlukan, lampiran dapat dipisah menjadi Lampiran A, Lampiran B, dan seterusnya.