



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - EE 184801

**MONITORING POLUSI UDARA DI JALAN RAYA
BERBASIS IoT MENGGUNAKAN SENSOR GAS
ELEKTROKIMIA**

Muhammad Rohfadli
NRP 0711174500069

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - EE 184801

**MONITORING POLUSI UDARA DI JALAN RAYA
BERBASIS IoT MENGGUNAKAN SENSOR GAS
ELEKTROKIMIA**

Muhammad Rohfadli
NRP 07111745000069

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



FINAL PROJECT - EE 184801

***AIR POLLUTION MONITORING ON THE ROAD
BASED IoT USING ELECTROCHEMICAL GAS
SENSORS***

Muhammad Rohfadli
NRP 07111745000069

Advisor
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “Monitoring Polusi Udara di Jalan Raya Berbasis IoT Menggunakan Sensor Gas Elektrokimia” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2019

Muhammad Rohfadli
NRP. 07111745000069

**MONITORING POLUSI UDARA DI JALAN RAYA
BERBASIS IoT MENGGUNAKAN SENSOR GAS
ELEKTROKIMIA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

**Bidang Studi Elektronika
Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing ,



Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.

NIP. 196904261994031003



MONITORING POLUSI UDARA DI JALAN RAYA BERBASIS IoT MENGGUNAKAN SENSOR GAS ELEKTROKIMIA

Nama : Muhammad Rohfadli
Pembimbing : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.

ABSTRAK

Di Indonesia kendaraan bermotor meningkat jumlahnya dari tahun ke tahun. Gas buang yang di timbulkan dari kendaraan bermotor tersebut menimbulkan polusi udara sebesar 70 sampai 80 persen, sedangkan polusi udara akibat industri hanya 20 sampai 30 persen saja. Kendaraan bermotor dianggap sebagai sumber utama dari pencemaran udara, karena menghasilkan gas CO (karbon monoksida), NO (nitrogen oksida), SO₂ (sulfur dioksida), HC (hidrokarbon), NMVOCs (Senyawa Organik Volatil Non Metana), dan Partikulat. Masyarakat cenderung tidak mengetahui jika telah menghirup gas karbon monoksida, karena sifatnya tidak berwarna, berbau, dan berasa. Hal ini sering kali dirasakan oleh pejalan kaki, pengemudi sepeda, maupun pengemudi sepeda motor. Semakin tinggi konsentrasi gas CO yang terhirup oleh manusia maka semakin fatal resiko yang diterima oleh manusia tersebut, bahkan dapat menyebabkan kematian. Berangkat dari permasalahan diatas, dilakukan penelitian untuk membuat alat monitoring polusi udara di jalan raya berbasis IoT menggunakan sensor gas elektrokimia. Sensor gas elektrokimia ini dapat digunakan untuk monitoring polusi udara di Surabaya, khususnya di jalan Arif Rahman Hakim dengan rata-rata kadar gas CO dan SO₂ yang terdeteksi sebesar 39,54 ppm dan 10,35 ppm pada jam 07.00-08.00 WIB, dimana pada rentang jam tersebut masyarakat mulai melakukan aktivitas sehari-hari seperti berangkat ke kantor dan rata-rata kadar gas CO dan SO₂ yang terdeteksi sebesar 39,72 ppm dan 10,38 ppm pada jam 17.00-18.00 WIB dimana pada rentang jam tersebut masyarakat mengakhiri aktivitas sehari-hari seperti pulang ke rumah.

Kata kunci : Polusi Udara, NodeMCU ESP8266, ADS1115, Sensor Gas Elektrokimia, *Internet of Things*, BLYNK

Halaman ini sengaja dikosongkan

AIR POLLUTION MONITORING ON THE ROAD BASED IoT USING ELECTROCHEMICAL GAS SENSORS

Name : **Muhammad Rohfadli**
1st Advisor : **Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.**

ABSTRACT

In Indonesia, motor vehicles increase in numbers every year. The exhaust from the motor vehicle causes 70 to 80 percent air pollution, while industrial air pollution is just 20 to 30 percent. The motor vehicle is thought to be a major source of air pollution, because it produces CO (Carbon Monoxide) gas, NO (Nitrogen Oxides), SO₂ (Sulfur Dioxide), HC (Hydrocarbons), NMVOCs (Non Methane Volatil Organic Compounds), and Particulates. The public did not know that they were inhaling carbon monoxide gas, because it is colorless, odorless and tasteless. This is often the case with pedestrians, bicycle driver, and motorcycle driver. The higher concentrations of CO gas are inhaled by humans the more fatal the risk is to be accepted by humans, it can even cause death. From the problems above, research was done to create an air pollution monitoring device IoT based on the road using electrochemical gas sensors. Electrochemical gas sensors can be used to monitor air pollution in Surabaya, especially on the Arif Rahman Hakim road with an average amount of gas CO and SO₂ 39,54 ppm and 10,35 ppm at 07.00-08.00 WIB, at that hour people begin their daily activities like going to the office, and the average amount of gas CO and SO₂ 39,72 ppm and 10,38 ppm at 17.00-18.00 WIB, at that hour people end their daily activities like going home.

Keyword(s) : Air Pollution, NodeMCU ESP8266, ADS1115, Electrochemical Gas Sensors, Internet of Things, BLYNK

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena berkat dan rahmatnya selama ini penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak di bawah ini, yang telah membantu dalam penulisan tugas akhir ini:

- Bapak Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan kepala laboratorium elektronika industri, yang tanpa bimbingan beliau, mungkin tugas akhir ini tidak akan terselesaikan dengan baik.
- Ir. Harris Pirngadi, M.T, Fajar Budiman, S.T., M.Sc, Ir. Totok Mujiono, M.Ikom., Dr.Eng, Muhammad Attamimi, B.Eng, M.Eng, PhD. selaku dosen penguji, yang memberikan banyak masukan dan pengarahan sehingga penulis dapat menyelesaikan buku tugas akhir ini dengan baik.
- Ayah, Ibu, dan serta seluruh keluarga yang memberikan dukungan baik moril maupun materiil.
- Bapak Dr. Eng. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Elektro ITS Surabaya.
- Bapak Ronny Mardiyanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen wali.
- Seluruh dosen bidang studi elektronika dan seluruh dosen Teknik Elektro ITS.
- Teman-teman asisten laboratorium elektronika yang sudah memberi dukungan.

Akhir kata, seperti kata pepatah, “tidak ada gading yang tak retak”, penulis sepenuhnya menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, dan mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila masih terdapat kesalahan dalam penulisan tugas akhir ini. Penulis berharap bahwa tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi rekan-rekan yang akan melanjutkan riset di bidang elektronika.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I	
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metodologi Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan	5
1.7. Relevansi	5
BAB II	
TEORI PENUNJANG	7
2.1. Pengertian Polusi Udara.....	7
2.2. Sensor Gas Elektrokimia.....	9
2.3. NodeMCU ESP8266.....	11
2.4. GPS NEO6MV2	14
2.5. Modul ADS1115.....	16
2.6. Andromax M3Z	19
2.7. Internet of Things	21
2.8. Blynk	22
BAB III	
PERANCANGAN SISTEM	25
3.1. Rancangan Perangkat Keras	25
3.1.1. Rancangan Mekanik Alat.....	25
3.1.2. Rancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal	26
3.1.3. Rancangan Rangkaian Elektronik	27
3.2. Rancangan Perangkat Lunak	32
3.2.1. Rancangan Sensitivitas Sensor	32
3.2.2. Pembacaan Sensor	33

3.2.3. Rancangan Antarmuka.....	33
BAB IV	
PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	41
4.1. Pengujian Sensor	42
4.2. Kalibrasi Sensor.....	43
4.3. Pengujian Sensor di Ruang Gas Uji.....	45
4.4. Pengujian Sistem Keseluruhan	48
4.4.1. Pengujian Pada Hari Pertama	49
4.4.2. Pengujian Pada Hari Kedua.....	61
4.4.3. Pengujian Pada Hari Ketiga	63
BAB V	
PENUTUP.....	67
5.1. Kesimpulan.....	67
5.2. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN A.....	71
LAMPIRAN B	75
RIWAYAT PENULIS	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Ilustrasi Penyebab Polusi Udara.....	2
Gambar 2.1 Struktur Sensor Gas Elektrokimia	10
Gambar 2.2 Reaksi Pada Sensor Gas Elektrokimia	10
Gambar 2.3 NodeMCU ESP8266	11
Gambar 2.4 Konfigurasi pin NodeMCU ESP8266	12
Gambar 2.5 Blok diagram fungsional	12
Gambar 2.6 GPS NEO6MV2.....	15
Gambar 2.7 Modul ADS1115	17
Gambar 2.8 Konfigurasi Address ADS1115	19
Gambar 2.9 Ilustrasi hubungan antara MiFi dengan device	19
Gambar 2.10 Andromax M3Z.....	20
Gambar 2.11 Konsep Internet of Things.....	21
Gambar 2.12 Ilustrasi hubungan antara Blynk dan perangkat IoT.....	23
Gambar 3.1 Perancangan Mekanik Alat	26
Gambar 3.2 Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	26
Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem	27
Gambar 3.4 Hubungan antar komponen elektronik	29
Gambar 3.5 Konfigurasi pin ADS1115.....	30
Gambar 3.6 Koneksi antara NodeMCU dengan ADS1115	30
Gambar 3.7 Konfigurasi pin GPS	31
Gambar 3.8 Koneksi antara NodeMCU dengan GPS	31
Gambar 3.9 Halaman awal Blynk App	34
Gambar 3.10 (a) Menu Utama	34
Gambar 3.10 (b) Membuat project baru.....	34
Gambar 3.11 Notifikasi token otorisasi.....	35
Gambar 3.12 (a) widget kategori display	36
Gambar 3.12 (b) widget controller	36
Gambar 3.13 Tampilan generate link.....	36
Gambar 3.14 Hasil akhir rancangan antarmuka monitoring	37
Gambar 3.15 Widget report.....	37
Gambar 3.16 Proses pengiriman laporan ke email pengguna	38
Gambar 3.17 Laporan hasil dari monitoring gas CO dan SO ₂	38
Gambar 3.18 Flowchart sistem monitoring polusi udara	39
Gambar 4.1 Realisasi Perangkat keras	41
Gambar 4.2 Realisasi sensor CO-B4 dan SO ₂ -BF	42

Gambar 4.3 Respon sensor CO-B4 pada Arduino IDE	42
Gambar 4.4 Respon Sensor SO ₂ -BF pada Arduino IDE	43
Gambar 4.5 Kalibrasi sensor CO-B4 dengan CO meter.....	43
Gambar 4.6 Persiapan pengujian di ruang gas uji	45
Gambar 4.7 Realisasi sensor gas di ruang gas uji	45
Gambar 4.8 Pengambilan sampel gas pada knalpot	46
Gambar 4.9 Penyuntikan sampel gas kedalam ruang gas uji	46
Gambar 4.10 Monitoring di Jalan Arif Rahman Hakim.....	48
Gambar 4.11 Grafik kadar gas CO pada jam 05.00-06.00 WIB	49
Gambar 4.12 Grafik kadar gas SO ₂ pada jam 05.00-06.00 WIB	49
Gambar 4.13 Grafik pada aplikasi Blynk pada jam 05.00-06.00 WIB... 50	
Gambar 4.14 Grafik kadar gas CO pada jam 07.00-08.00 WIB	50
Gambar 4.15 Grafik kadar gas SO ₂ pada jam 07.00-08.00 WIB	51
Gambar 4.16 Grafik pada aplikasi Blynk pada jam 07.00-08.00 WIB... 51	
Gambar 4.17 Grafik kadar gas CO pada jam 09.00-10.00 WIB	52
Gambar 4.18 Grafik kadar gas SO ₂ pada jam 09.00-10.00 WIB	52
Gambar 4.19 Grafik pada aplikasi Blynk pada jam 09.00-10.00 WIB... 53	
Gambar 4.20 Grafik kadar gas CO pada jam 11.00-12.00 WIB	53
Gambar 4.21 Grafik kadar gas SO ₂ pada jam 11.00-12.00 WIB	54
Gambar 4.22 Grafik pada aplikasi Blynk pada jam 11.00-12.00 WIB... 54	
Gambar 4.23 Grafik kadar gas CO pada jam 13.00-14.00 WIB	55
Gambar 4.24 Grafik kadar gas SO ₂ pada jam 13.00-14.00 WIB	55
Gambar 4.25 Grafik pada aplikasi Blynk pada jam 13.00-14.00 WIB... 56	
Gambar 4.26 Grafik kadar gas CO pada jam 15.00-16.00 WIB	56
Gambar 4.27 Grafik kadar gas SO ₂ pada jam 15.00-16.00 WIB	57
Gambar 4.28 Grafik pada aplikasi Blynk pada jam 15.00-16.00 WIB... 57	
Gambar 4.29 Grafik kadar gas CO pada jam 17.00-18.00 WIB	58
Gambar 4.30 Grafik kadar gas SO ₂ pada jam 17.00-18.00 WIB	58
Gambar 4.31 Grafik pada aplikasi Blynk pada jam 17.00-18.00 WIB... 59	
Gambar 4.32 Grafik rata-rata kadar gas pada hari pertama.....	60
Gambar 4.33 Grafik kadar gas CO selama 24 jam	62
Gambar 4.34 Grafik kadar gas SO ₂ selama 24 jam	62
Gambar 4.35 Grafik pada aplikasi Blynk selama 24 jam	63
Gambar 4.36 Pengujian di jalan Kertajaya.....	63
Gambar 4.37 Pengujian dengan CO meter di Jalan Kertajaya	64
Gambar 4.38 Grafik kadar gas sensor CO-B4 dan CO meter	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi NodeMCU ESP8266.....	14
Tabel 2.2 Spesifikasi GPS NEO6MV2	17
Tabel 2.3 Konfigurasi Address ADS1115	18
Tabel 3.1 Spesifikasi alat monitoring polusi udara	40
Tabel 4.1 Kalibrasi sensor CO-B4 dengan CO meter percobaan 1	44
Tabel 4.2 Kalibrasi sensor CO-B4 dengan CO meter percobaan 2	44
Tabel 4.3 Pengujian sensor CO-B4 di ruang gas uji	47
Tabel 4.4 Pengujian sensor SO ₂ -BF di ruang gas uji	47
Tabel 4.5 Rata-rata kadar gas CO dan SO ₂ pada hari pertama	60
Tabel 4.6 Rata-rata kadar gas CO dan SO ₂ selama 24 jam	61
Tabel 4.7 Pengujian kadar gas CO dengan sensor elektrokimia dan CO meter	64

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

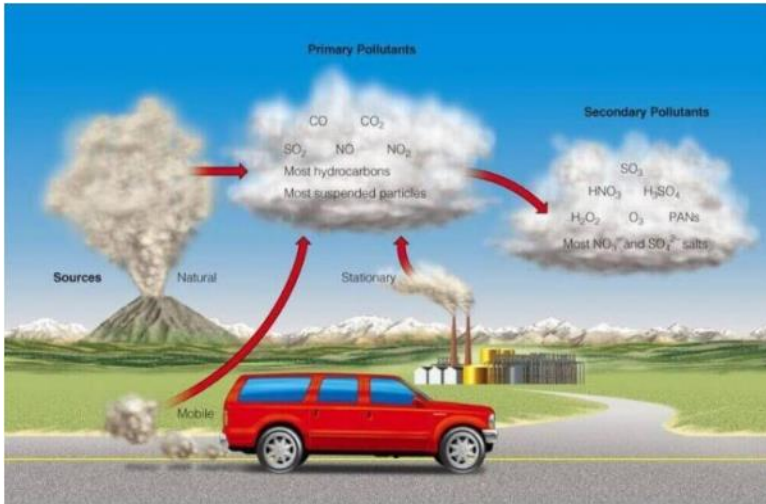
Di Indonesia kendaraan bermotor meningkat jumlahnya dari tahun ke tahun. Gas buang yang di timbulkan dari kendaraan bermotor tersebut menimbulkan polusi udara sebesar 70 sampai 80 persen, sedangkan pencemaran udara akibat industri hanya 20-30 persen saja. Banyak polusi udara terjadi di mana-mana yang disebabkan oleh banyak hal antara lain asap kendaraan, asap pabrik, pembakaran sampah dan sebagainya [1].

Asap kendaraan merupakan penyebab terbesar terjadinya polusi udara karena perkembangan teknologi pada berbagai bidang khususnya di bidang transportasi dewasa ini, mengakibatkan jumlah kendaraan bermotor dengan berbagai jenis dan merk meningkat cukup tinggi. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang ada disebabkan semakin tingginya aktivitas masyarakat yang sangat membutuhkan sarana transportasi untuk kelancaran aktivitas mereka.

Kendaraan bermotor dianggap sebagai sumber utama dari pencemaran udara, karena menghasilkan gas CO (Karbon Monoksida), NO (Nitrogen Oksida), SO₂ (Sulfur Dioksida), HC (Hidrokarbon), dan Partikulat [2]. Karbon monoksida yang keluar dari knalpot akan berada di udara ambient, jika terhirup oleh manusia maka molekul tersebut akan masuk kedalam saluran pernapasan terus masuk ke dalam paru – paru dan kemudian akan menempel pada *haemoglobin* darah membentuk *Carboxy Haemoglobin* (COHb) [3].

Masyarakat cenderung tidak mengetahui jika telah menghirup gas karbon monoksida, karena sifatnya tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Hal ini sering kali dirasakan oleh pejalan kaki, pengemudi sepeda, maupun pengemudi sepeda motor. Semakin tinggi konsentrasi gas CO yang terhirup oleh manusia maka semakin fatal resiko yang diterima oleh manusia tersebut, bahkan dapat menyebabkan kematian.

Efek terhadap kesehatan apabila menghirup gas CO dan SO₂ antara lain pusing kepala, mual dan sesak nafas, gangguan penglihatan dan konsentrasi menurun, tidak sadar, koma dan apabila berlanjut akan dapat menyebabkan kematian. Gas CO yang tinggi di dalam darah dapat berasal dari rokok dan asap dari kendaraan bermotor.



Gambar 1.1 Ilustrasi Penyebab Polusi Udara [1]

Proses pemantauan dan pengawasan kualitas udara yang baik dapat menjamin dan meningkatkan kualitas kehidupan manusia. Untuk dapat menentukan bagaimana keadaan kualitas udara itu baik atau tidak. Umumnya proses tersebut masih dilakukan secara manual dengan memanfaatkan tenaga manusia untuk menuju lokasi yang ingin di analisa. Kendala lain yang dihadapi adalah informasi yang diberikan pada umumnya masih berbasis data statis yang belum real time.

Berangkat dari permasalahan diatas, dilakukan penelitian untuk membuat alat monitoring polusi udara di jalan raya berbasis IoT menggunakan sensor gas elektrokimia. Alat ini terdiri dari sensor gas elektrokimia yang berfungsi untuk mengukur konsentrasi gas, NodeMCU ESP 8266 berfungsi sebagai mikrokontroler, dan modul GPS yang berfungsi untuk membaca titik koordinat longitude dan latitude posisi dari GPS itu sendiri [4].

Diharapkan dari penelitian ini masyarakat bisa memonitoring polusi udara di jalan raya menggunakan smartphone yang dilengkapi dengan google maps, sehingga membantu masyarakat khususnya bagi pejalan kaki, pengendara sepeda, dan pengendara sepeda motor untuk selalu siaga dengan polusi udara di jalan raya sehingga masyarakat bisa memilih jalan alternatif untuk terhindar dari polusi udara tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan beberapa permasalahan utama dalam tugas akhir ini, yaitu:

1. Jenis sensor yang digunakan untuk mendeteksi gas CO dan SO₂.
2. Jenis mikrokontroler yang digunakan untuk sistem monitoring polusi udara di jalan raya.
3. Cara memvisualisasikan data yang didapatkan dari sensor ke sistem monitoring.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Implementasi sensor gas elektrokimia dalam sistem monitoring polusi udara di jalan raya.
2. Implementasi NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dalam sistem monitoring polusi udara di jalan raya.
3. Penggunaan aplikasi Blynk IoT pada smartphone berbasis Android atau iOS untuk memonitoring polusi udara di jalan raya.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Gas yang dimonitoring hanya Karbon Monoksida (CO) dan Sulfur Dioksida (SO₂) dari gas buang kendaraan bermotor.
2. Sensor yang digunakan adalah sensor gas elektrokimia CO-B4 dan SO₂-BF.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode penelitian dalam penyelesaian tugas akhir ini dilakukan dalam lima tahap sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Dalam tahap ini dilakukan studi terhadap buku, jurnal, artikel, berita, dan sumber pustaka lainnya yang dapat dijadikan sebagai dasar teori untuk penulisan tugas akhir ini, seperti penyebab terjadinya polusi udara, teori dasar sensor gas elektrokimia dan cara kerja dari sensor gas elektrokimia, penggunaan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dari sistem monitoring polusi udara yang dapat di akses melalui internet (IoT), penggunaan modul ADS1115 sebagai modul eksternal ADC, Penggunaan modul GPS, dan pemanfaatan Blynk sebagai penyedia layanan IoT berbasis *cloud*.

2. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Pada tahap ini akan dirancang perangkat keras yang akan digunakan untuk tugas akhir ini. Perangkat keras ini terdiri dari 2 buah sensor gas elektrokimia tipe CO-B4 dan SO₂-BF yang berfungsi untuk mengukur konsentrasi gas CO dan SO₂ yang ada pada jalan raya, rangkaian pengkondisi sinyal untuk menguatkan keluaran pada sensor gas elektrokimia, NodeMCU ESP8266 sebagai otak dari sistem monitoring polusi udara, modul GPS NEO6MV2 yang berfungsi untuk membaca titik koordinat longitude dan latitude posisi dari GPS, dan modul ADS1115 yang berfungsi untuk menambahkan kebutuhan fitur ADC dikarenakan NodeMCU ESP 8266 memiliki 1 pin ADC .

3. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Pada tahap ini akan dirancang sebuah antarmuka menggunakan aplikasi Blynk IoT untuk memonitoring polusi udara di jalan raya secara *real time*. Pada antarmuka ini terdapat widget google map yang berfungsi untuk melihat lokasi monitoring polusi udara, 2 widget display yang berfungsi untuk melihat titik koordinat longitude dan latitude, 2 widget display yang berfungsi untuk melihat kadar gas CO dan SO₂ pada jalan raya, dan widget grafik yang berfungsi untuk melihat grafik pembacaan data sensor gas elektrokimia CO dan SO₂.

4. Pengujian Sistem

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap sensor gas elektrokimia yang digunakan untuk mengukur tingkat kadar gas pada jalan raya, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi dan apakah terdapat galat (*error*) pada kondisi riil atau tidak. Kemudian dilakukan uji pada rangkaian pengkondisi sinyal, apakah dapat bekerja dengan baik atau tidak. Kemudian dilakukan uji koneksi pada NodeMCU ESP8266, apakah dapat terkoneksi ke internet lewat Wi-Fi atau tidak. Kemudian dilakukan uji pada modul GPS apakah dapat membaca titik koordinat pada google map atau tidak. Setelah semua komponen diuji satu per satu, akan dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan untuk melihat apakah komponen yang terpasang dapat berfungsi seluruhnya dengan baik atau mengalami/memiliki nilai kesalahan tertentu.

5. Penulisan Laporan Tugas Akhir

Dalam tahap ini semua hasil yang didapat akan disusun sebagai sebuah laporan yang diharapkan nantinya dapat digunakan sebagai sebuah referensi di bidang terkait.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan laporan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas landasan dasar dibuatnya tugas akhir ini yang berisi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi dari penulisan tugas akhir ini.

BAB II DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi dasar teori dan tinjauan pustaka mengenai terjadinya polusi udara, sensor gas elektrokimia, NodeMCU ESP8266, *internet of thing*, dan aplikasi Blynk IoT .

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Bab ini berisi rancangan sistem secara keseluruhan, baik dari segi perangkat keras maupun perangkat lunaknya. Komponen apa saja yang akan digunakan dalam sistem dan kegunaan dari masing-masing komponen tersebut akan dijelaskan pada bagian perangkat keras, sedangkan pada penjelasan perangkat lunak akan dijabarkan alur kerja sistem, serta antar muka yang sudah dirancang.

BAB IV HASIL PENGUJIAN

Bab ini memaparkan hasil pengujian dari tiap komponen perangkat keras yang digunakan dan hasil pengujian dari jalannya sistem secara keseluruhan.

BAB V PENUTUP

Dalam bab ini diberikan kesimpulan yang telah diperoleh dari pelaksanaan tugas akhir ini beserta dengan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.7 Relevansi

Harapan dari dilaksanakannya tugas akhir ini adalah dapat terealisasinya sistem monitoring polusi udara di jalan raya berbasis IoT, sehingga nantinya sistem ini dapat diimplementasikan dengan lebih mudah lagi, khususnya bagi para pejalan kaki, pengendara sepeda, serta pengendara sepeda motor dan juga dapat membantu masyarakat agar bisa memonitoring kadar gas CO dan SO₂ yang ada di sekitar jalan raya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Pengertian Polusi Udara

Pengertian Polusi Udara adalah suatu keadaan dimana terdapat substansi fisik, biologi, atau kimia di lapisan udara bumi (atmosfer) yang jumlahnya membahayakan bagi kesehatan tubuh manusia dan makhluk hidup lainnya. Kondisi polusi udara dapat mengakibatkan kerugian bagi semua makhluk hidup di bumi, khususnya manusia. Polusi udara dapat menyebabkan kesulitan bernafas dan bahkan menyebabkan berbagai kerusakan pada alam secara keseluruhan. Polusi udara tidak terjadi begitu saja, ada beberapa faktor utama yang menjadi penyebab terjadinya polusi udara tersebut. Polusi udara bisa terjadi secara alami, namun sebagian besar polusi udara terjadi karena adanya campur tangan manusia[5]. Ada banyak sekali bahan polusi udara yang terletak di dalam lapisan troposfer, namun terdapat 8 jenis bahan polusi udara yang dianggap penting, antara lain :

1. Oksida Karbon : karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂).
2. Oksida Belerang : sulfur dioksida (SO₂) dan sulfur trioksida (CO₂).
3. Oksida Nitrogen : nitrit oksida (NO), nitrogen dioksida (NO₂), dan dinitrogen oksida (N₂O).
4. Komponen Bahan Kimia Organik Volatil : metana (CH₄), benzena (C₆H₆) klorofluorokarbon (CFC), serta Kelompok Bromin.
5. Suspensi Partikel : debu tanah, karbon, asbes, logam berat, nitrat, sulfat, titik cairan seperti asam dulfat (H₂SO₄), minyak bifenil polklorin (PBC), diokasin, serta pestisida.
6. Oksida Fotokimiawi : ozon, peroksiasi nitrat, hidrogen peroksida, hidroksida, formaldehid, yang berbentuk di atmosfer oleh reaksi oksigen, nitrogen oksida, dan uap hidrokarbon di bawah pengaruh sinar matahari.
7. Zat Radioaktif : radon 222, iodine-131, strontium-90, plutonium-239, dan radiosotope lainnya yang masuk ke atmosfer bumi dalam bentuk gas atau suspensi partikel.

Polusi udara yang terjadi di bumi terjadi karena berbagai faktor, baik karena faktor alami maupun faktor manusia. Sebagian besar polusi udara di bumi ini terjadi karena faktor manusia. Berikut adalah beberapa penyebab terjadinya polusi udara:

a. Penyebab Polusi Udara Secara Alami

Polusi udara dapat terjadi secara alami melalui beberapa proses berikut ini:

1. Proses pembusukan sampah organik yang mengeluarkan bau busuk ke udara
2. Asap, gas, dan abu vulkanik yang dikeluarkan oleh gunung berapi saat meletus
3. Kebakaran hutan yang terjadi secara alamiah
4. Debu dan gas yang berterbangan ke udara akibat tiupan angin kencang

b. Penyebab Polusi Udara karena Manusia

Polusi udara juga terjadi karena ulah manusia. Berikut ini adalah beberapa penyebab polusi udara karena faktor manusia:

1. Asap Pabrik : Industri dan pabrik sekarang ini memproduksi barang dalam jumlah besar. Proses pembakaran di pabrik tersebut menghasilkan asap beracun yang dilepaskan ke udara.
2. Asap Kendaraan Bermotor : Pertumbuhan pengguna kendaraan bermotor yang sangat ikut menyumbang asap beracun ke udara dalam jumlah besar. Menurut banyak sumber, penyebab polusi udara terbesar saat ini adalah dari hasil emisi kendaraan bermotor.
3. Pembangkit Listrik : Pembangkit listrik dengan bahan bakar batu bara menghasilkan partikel oksida sulfur (SO_2) dan nitrogen oksida (NO_2) yang berbahaya bagi makhluk hidup.
4. Bahan Radioaktif : Percobaan nuklir atau bom atom akan menghasilkan partikel-partikel debu radioaktif ke udara yang menyebabkan polusi.

Polusi udara juga membawa dampak yang merugikan bagi semua makhluk hidup, khususnya manusia. Berikut ini adalah beberapa dampak polusi udara tersebut:

a. Dampak Polusi Udara Terhadap Manusia

1. Mengakibatkan terjadinya gangguan pernapasan bagi manusia karena oksigen tercemar oleh senyawa berbahaya.
2. Menyebabkan terjadinya masalah pada kulit manusia, misalnya kulit kusam, keriput, flek hitam, bahkan kanker kulit.
3. Menimbulkan berbagai penyakit yang berhubungan dengan pernapasan, seperti asma, batuk, dan lainnya.

4. Polusi udara juga dapat mengakibatkan manusia menjadi mudah stress dan emosi tak seimbang.
5. Membuat pandangan menjadi terganggu akibat asap

b. Dampak Polusi Udara Terhadap Lingkungan

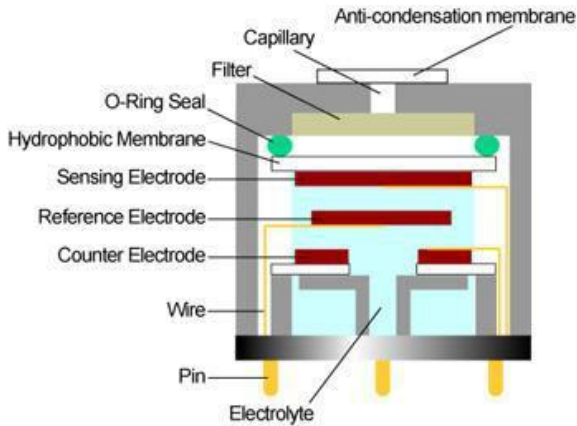
1. Memicu terjadinya hujan asam, dimana hujan asam tersebut dapat merusak tumbuhan-tumbuhan.
2. Mengakibatkan terjadinya global warming. Polusi udara merupakan salah satu penyebab terjadinya global warming dalam jangka waktu yang lama.
3. Pencemaran udara juga dapat mengakibatkan pertumbuhan tanaman menjadi terganggu. Udara yang kotor membuat tanaman mudah terkena penyakit, misalnya klorosis, nekrosis, dan bintik hitam.

2.2 Sensor Gas Elektrokimia

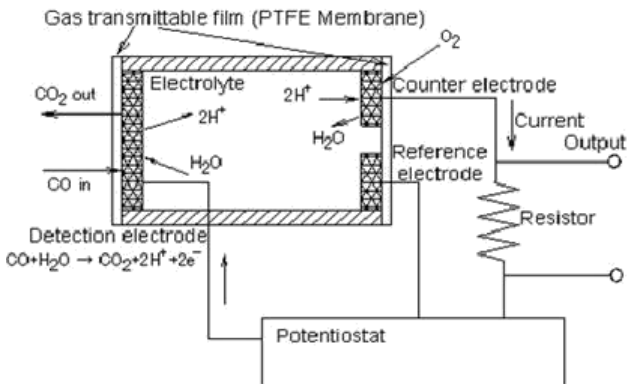
Sensor gas elektrokimia adalah detektor yang mengukur konsentrasi gas target dengan mengoksidasi atau mengurangi gas target pada elektroda dan mengukur arus yang dihasilkan. Kebanyakan sensor gas elektrokimia adalah sensor amperometrik, menghasilkan arus yang berbanding lurus dengan konsentrasi gas. Arus ini secara kuantitatif terkait dengan laju proses elektrolitik pada elektroda *sensing* (*working*) yang potensinya diseimbangkan konstan menggunakan elektroda referensi [6]. Sensor gas elektrokimia terdiri dari anoda, katoda, dan elektrolit. Komponen sel dipilih sedemikian rupa sehingga gas sasaran dibiarkan berdifusi ke dalam sel, yang menyebabkan reaksi kimia dan menghasilkan arus.

Sensor gas elektrokimia memiliki elektroda *sensing* (atau elektroda *work*) dan elektroda *counter* yang dipisahkan oleh lapisan tipis elektrolit / katalis. Gas yang bersentuhan dengan sensor terlebih dahulu melewati bukaan tipe kapiler kecil dan kemudian berdifusi melalui penghalang hidrofobik, dan akhirnya mencapai permukaan elektroda [7].

Pendekatan ini diadopsi untuk memungkinkan jumlah yang tepat dari gas untuk bereaksi pada elektroda penginderaan untuk menghasilkan sinyal listrik yang cukup. Gas yang berdifusi melalui penghalang bereaksi pada permukaan elektroda penginderaan yang melibatkan mekanisme oksidasi (CO, H₂S, NO, SO₂ dll) atau reduksi (NO₂ dan Cl₂).



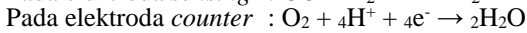
Gambar 2.1 Struktur Sensor Gas Elektrokimia [6]



Gambar 2.2 Reaksi pada Sensor Gas Elektrokimia [6]

Elektroda *counter* berfungsi menyeimbangkan reaksi elektroda *sensing*, jika elektroda *sensing* mengoksidasi gas, maka elektroda *counter* harus mengurangi beberapa molekul lain untuk menghasilkan arus ekuivalen [8].

Reaksi kimia dijelaskan pada reaksi berikut ini:



Elektroda referensi berfungsi untuk mempertahankan potensi elektroda penginderaan pada nilai tetap. Untuk tujuan ini dan umumnya untuk operasi sensor elektrokimia diperlukan rangkaian potentiostatik.

2.3 NodeMCU ESP8266

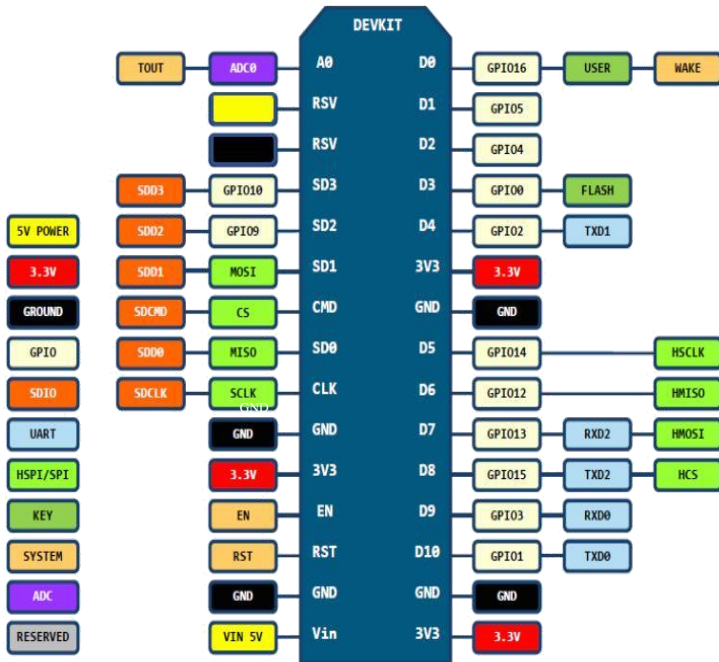
NodeMCU ESP8266 *development board* (Gambar 2.3) pada dasarnya adalah pengembangan dari SoC (*System on Chip*) ESP8266-12E dengan *firmware* berbasis e-Lua. Pada NodeMCU dilengkapi dengan *micro USB port* yang berfungsi untuk pemrograman maupun suplai daya. Selain itu juga pada NodeMCU di lengkapi dengan tombol *push button reset* dan *flash*. Konfigurasi pin NodeMCU ESP8266 ini dapat dilihat pada Gambar 2.4. NodeMCU menggunakan bahasa pemrograman Lua yang merupakan *package* dari ESP8266 [9].

NodeMCU ESP8266 menawarkan kemudahan bagi pengguna untuk melakukan pengembangan perangkat seperti yang ditawarkan oleh *development board* yang sudah terlebih dahulu dikenal dan banyak digunakan, yaitu Arduino Uno dan Nano, namun ditambah modul Wi-Fi yang sudah terintegrasi dalam satu papan sehingga sangat memudahkan pengguna untuk mengembangkan perangkat berbasis *Internet of Things*.

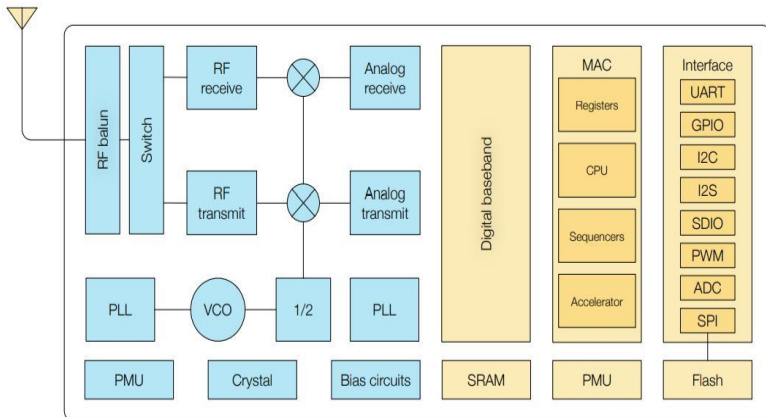


Gambar 2. 3 NodeMCU ESP8266 development board [9]

Terdapat beberapa blok komponen utama dari SoC ESP8266 yang digunakan pada development board NodeMCU ESP8266 ini, yang secara garis besar terbagi menjadi bagian radio pemancar dan penerima (dengan frekuensi kerja Wi-Fi 2.4GHz), *digital baseband*, memori, CPU, dan Interface (UART, GPIO, I2C, I2S, SPI, dll). Blok diagram fungsional lengkap SoC ESP8266 ini dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.4 Konfigurasi pin NodeMCU ESP8266 dev. Board [9]



Gambar 2.5 Blok diagram fungsional [9]

Fitur-fitur yang dimiliki oleh NodeMCU ESP8266 diantaranya :

- Berbasis ESP8266 serial WiFi SoC (System on Chip) dengan onboard USB to TTL. Wireless yang digunakan adalah IEEE 802.11b/g/n.
- 2 tantalum capacitor 100 micro farad dan 10 micro farad.
- 3.3v LDO regulator.
- CP2102 (dalam beberapa model menggunakan CH340) USB to UART bridge sebagai jembatan penghubung USB dengan mikrokontroler.
- Tombol reset, port usb, tombol flash, dan LED biru sebagai indikator.
- Terdapat 9 GPIO yang di dalamnya ada 3 pin PWM, 1 x ADC Channel, dan pin RX TX.
- S3 dan S2 sebagai pin GPIO.
- S1 MOSI (Master Output Slave Input) yaitu jalur data dari master dan masuk ke dalam slave, sc cmd/sc.
- S0 MISO (Master Input Slave Input) yaitu jalur data keluar dari slave dan masuk ke dalam master.
- SK yang merupakan SCLK dari master ke slave yang berfungsi sebagai clock.
- Pin Vin sebagai masukan tegangan dengan 3 pin ground.
- Prosesor: L106 32-bit RISC microprocessor core based on the Tensilica Xtensa Diamond Standard 106 Micro (80 MHz).

NodeMCU ESP8266 yang terhubung dengan sensor kelembapan dan temperatur ini juga dapat dikategorikan sebagai sebuah titik (node) dalam jaringan sensor nirkabel. Jaringan sensor nirkabel atau lebih sering disebut dengan istilah Wireless Sensor Network (WSN) merupakan suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa node sensor yang tersebar di suatu area tertentu untuk membentuk suatu jaringan yang dapat digunakan untuk memantau suatu kondisi fisik atau lingkungan[10]. Setiap node sensor memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan informasi untuk kemudian dikirimkan kepada webserver / base station, memungkinkan peneliti untuk memperoleh suatu informasi yang lengkap mengenai suatu kondisi tanpa harus berada di sekitar area sensor. Informasi ini dapat diakses dari jarak jauh melalui gawai dan akses internet. Spesifikasi lengkap dari NodeMCU ESP8266 *dev. board* ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi NodeMCU ESP8266 dev. Board [10]

Wireless Standard	IEEE 802.11 b/g/n
Frequency Range	2.412 - 2.484 GHz
Power Transmission	802.11b : $+16 \pm 2$ dBm (at 11 Mbps) 802.11g : $+14 \pm 2$ dBm (at 54 Mbps) 802.11n : $+13 \pm 2$ dBm (at HT20, MCS7)
Receiving Sensitivity	802.11b : -93 dBm (at 11 Mbps, CCK) 802.11g : -85 dBm (at 54 Mbps, OFDM) 802.11n : -82 dBm (at HT20, MCS7)
Wireless Form	On-board PCB Antenna
IO Capability	UART, I2C, PWM, GPIO, 1 ADC
Electrical Characteristic	3.3 V Operated 15 mA output current per GPIO pin 12 - 200 mA working current Less than 200 uA standby current
Operating Temperature	-40 to +125 °C
Serial Transmission	110 - 921600 bps, TCP Client 5
Wireless Network Type	STA / AP / STA + AP
Security Type	WEP / WPA-PSK / WPA2-PSK
Encryption Type	WEP64 / WEP128 / TKIP / AES
Firmware Upgrade	Local Serial Port, OTA Remote Upgrade
Network Protocol	IPv4, TCP / UDP / FTP / HTTP
User Configuration	AT + Order Set, Web Android / iOS, Smart Link APP

2.4 GPS NEO6MV2

Modul berukuran ringkas ini (25x35mm untuk modul, 25x25mm untuk antena) berfungsi sebagai penerima GPS (Global Positioning System Receiver) yang dapat mendeteksi lokasi dengan menangkap dan memroses sinyal dari satelit navigasi. Aplikasi dari modul ini melingkupi sistem navigasi, sistem keamanan terhadap kemalingan pada kendaraan / perangkat bergerak, akuisisi data pada sistem pemetaan medan, penjejak lokasi / location tracking, dsb.

Modul ini kompatibel dengan APM2 dan APM2.5 dengan EEPROM terpadu yang dapat digunakan untuk menyimpan data konfigurasi. Antarmuka menggunakan serial TTL (RX/TX) yang dapat diakses dari mikrokontroler yang memiliki fungsi UART atau emulasi serial TTL (pada Arduino dapat menggunakan pustaka komunikasi

serial / serial communication library yang sudah tersedia dalam paket Arduino IDE). Baud rate diset secara default di 9600 bps [11].



Gambar 2.6 GPS NEO6MV2 [11]

GPS Processor dari modul ini menggunakan u-blox NEO-6 GPS Module dengan mesin penjejak posisi yang berkinerja tinggi dengan versi ROM terbaru (ROM7.03). Modul ini dapat memproses hingga 50 kanal sinyal secara cepat dengan waktu Cold TTFF (Cold-Start Time-To-First-Fix, waktu yang diperlukan untuk menentukan posisi dari kondisi mati total) kurang dari 27 detik (sebagai pembanding, rata-rata GPS navigator yang umum dijual di toko variasi mobil memiliki waktu Cold TTFF lebih dari 50 detik), dapat dipercepat dengan fitur pemandu (aiding) hingga kurang dari 3 detik. Pada kondisi hot start, waktu TTFF yang dibutuhkan mencapai kurang dari 1 detik.

Kinerja tinggi ini dicapai dengan didedikasikannya prosesor khusus untuk mengumpulkan data sinyal satelit yang memiliki hingga 2 juta korelator yang sanggup memroses data waktu dan frekuensi secara masif dengan sangat cepat sehingga mampu menemukan sinyal dari satelit navigasi secara instan. Prosesor ini juga menerapkan teknologi DSP terkini untuk meredam sumber pengacak (jamming sources) dan mengurangi secara signifikan efek interferensi multi-jalur.

Sumber tenaga dapat menggunakan catu daya antara 3 Volt hingga 5 Volt, ideal untuk digunakan pada berbagai development board mulai dari aneka macam Arduino Board, Raspberry Pi, dan lain sebagainya.

Tabel 2.2 Spesifikasi GPS NEO6MV2 [11]

Tipe penerima	50 kanal, GPS L1 frekuensi, C/A Code. SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS
Sensitivitas penjejak & navigasi	-161 dBm (reakuisisi dari blank-spot: -160 dBm)
Sensitivitas saat baru memulai	-147 dBm pada cold-start, -156 dBm pada hot start
Kecepatan pembaharuan data / navigation update rate	5 Hz
Akurasi penetapan lokasi GPS secara horisontal	2,5 meter (SBAS = 2m)
Rentang frekuensi pulsa waktu yang dapat disetel	0,25 Hz hingga 1 kHz
Akurasi sinyal pulsa waktu	RMS 30 ns (99% dalam kurang dari 60 ns) dengan granularitas 21 ns atau 15 ns saat terkompensasi
Akurasi kecepatan	0,1 meter / detik
Akurasi arah (heading accuracy)	0,5°
Batasan operasi	daya tarik maksimum 4x gravitasi, ketinggian maksimum 50 Km, kecepatan maksimum 500 meter / detik (1800 km/jam). red: dengan limit seperti ini, modul ini bahkan dapat digunakan di pesawat jet super-cepat sekalipun.

2.5 Modul ADS1115

Modul ADC ADS1115 merupakan modul yang difungsikan untuk pembacaan Analog Digital Converter (ADC) dengan komunikasi I2C yang beresolusi hingga 16-bit yang terdapat 4 channel. Secara fungsi mudah digunakan dengan pengukuran berbagai sinyal dengan range tegangan dari 2v hingga 5v, dan ini sangat bagus untuk pengukuran dengan resolusi 16-bit [11].



Gambar 2.7 Modul ADS1115 [11]

Modul ini sangat diperlukan jika kebutuhan ADC melebihi dari total jumlah ADC baik itu module dari arduino, ESP8266, raspaberry, atau mikrokontroler jenis lainnya. Tapi ini bisa sangat diperlukan untuk module ESP8266 misalnya NodeMCU atau WEMOS D1 dikarenakan dalam module tersebut hanya terdapat 1 ADC saja. Sehingga dapat dimanfaatkan module ini untuk menambah kebutuhan akan fitur ADC, dan mudahnya pengaksesan menggunakan komunikasi I2C.

Spesifikasi dari module ADS1115 :

- Terdapat 4 Channel ADC (A0, A1, A2, A3)
- Memiliki resolusi ADC – 16 Bit
- Menggunakan komunikasi antarmuka I2C (SDA, SCL)
- Range Tegangan operasional pada 2.0 – 5.5 Vdc
- Range Tegangan masuk pada channel adc : 0 ~ VDD
- Continuous Mode: Only 150 uA
- Memiliki sampling rate dengan range antara 8 ~ 860 sps (sampling per second)
- Alamat I2C 7-bit pada 0x48 ~ 0x4B
- Single-Shot Mode: Auto Shut-Down

Dalam perbandingan langsung dengan ATmega328P, yaitu 1024 gradasi (10 bit) dibandingkan 65536 gradasi (16 bit). Tetapi dalam pengaplikasiannya lebih banyak menggunakan variabel yang akan berperan, sehingga dapat mengukur nilai dengan ketelitian yang lebih bagus dibanding menggunakan 10 bit. Selain resolusi yang jauh lebih besar terdapat fitur yang sangat menarik yaitu PGA, atau “Programmable Gain Amplifier”.

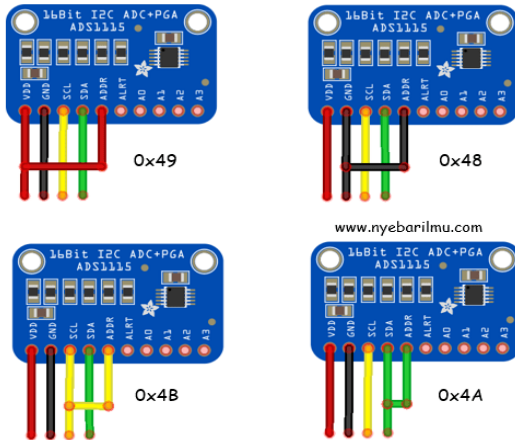
Pada dasarnya ini adalah rangkaian yang memungkinkan memperkuat sinyal pada input analog untuk mengambil pembacaan nilai dari rentang ADC, dengan semua kontrol ini dilakukan secara digital melalui register internal yang diakses oleh I2C. Mengkonfigurasi PGA kita dapat bekerja dengan sinyal dari +/- 256mV hingga +/- 6.144V (jangkauan standar).

Module ADC ini memiliki MUX internal yang memungkinkan untuk memilih antara 4 saluran tunggal atau 2 saluran diferensial. Untuk konfigurasi sinyal secara langsung direferensikan ke GND dari rangkaian dan input analog itu sendiri hanya membutuhkan satu jalur sinyal. Dalam konfigurasi diferensial, ADC akan mengkonversi sinyal diferensial, yaitu beda potensial antara dua titik, serupa dengan apa yang terjadi dengan multimeter. Dalam konfigurasi ini diperlukan dua input yang akan dihubungkan ke tempat tujuan, selain GND yang juga harus umum untuk menghindari melebihi batas komponen [12].

Satu catatan penting, sinyal pada input tidak boleh melebihi tegangan “Vcc + 0.3V” atau “GND – 0.3V”. Meskipun komponen memiliki perlindungan internal, melebihi level ini akan membuat perangkat berisiko. Singkatnya, sinyalnya tidak bisa lebih besar dari satu daya dan juga tidak negatif mengacu pada bumi. ADS1115 memiliki pin “ADDR” yang bertanggung jawab untuk mengkonfigurasi alamat perangkat pada bus I2C. Hal yang paling menarik adalah bahwa hanya dengan satu pin kita mendapatkan 4 alamat berbeda. Secara total bisa didapatkan hingga 16 saluran tunggal atau 8 diferensial pada satu bus I2C.

Tabel 2.3 Konfigurasi Address ADS1115

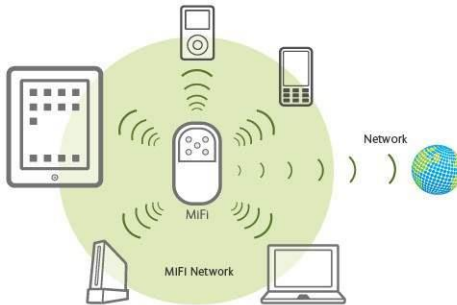
ADDR connected to	Address (binary)	Address (hexadecimal)
VDD	1001001	49h
GND	1001000	48h
SDA	1001010	4Ah
SCL	1001011	4Bh



Gambar 2.8 Konfigurasi Address ADS1115 [11]

2.6 Andromax M3Z (MiFi)

MiFi adalah nama yang diberikan pada sebuah perangkat wireless router yang berperan sebagai WiFi Hotspot. MiFi ini merupakan kependekan dari Mobile Wi-Fi. MiFi merupakan sebuah perangkat hotspot WiFi untuk membagikan layanan internet (*sharing*) yang akses internetnya didapat dari jaringan seluler lalu disebar kepada beberapa perangkat penerima WiFi seperti smartphone, laptop hingga komputer. Pada intinya MiFi ini ialah perangkat yang bisa melakukan sharing koneksi internet secara wireless (tanpa kabel), dimana sumber layanan internetnya didapat dengan berlangganan menggunakan provider layanan internet dan telekomunikasi seluler.



Gambar 2.9 Ilustrasi hubungan antara MiFi dengan perangkat elektronik [13]



Gambar 2.10 Andromax M3Z (MiFi) [13]

Sebenarnya MiFi ini sama seperti fitur *Hotspot* atau *WiFi Tethering* yang ada pada *smartphone*. Dimana sebuah *smartphone* membagikan (*sharing*) layanan internetnya melalui *WiFi Hotspot*. Meskipun sama, namun ada beberapa kelebihan yang ditawarkan jika menggunakan MiFi sebagai *WiFi Hotspot*. Pada *smartphone*, *WiFi Hotspot* bekerja dengan menggunakan *resource hardware* bersama dengan aplikasi lainnya termasuk sistem operasi *smartphone* itu sendiri. Otomatis baterai *smartphone* akan lebih cepat habis dan belum lagi panas yang kerap timbul ketika perangkat *WiFi* digunakan [13] .

Sedangkan pada perangkat MiFi ini, *sharing* koneksi internet bisa dilakukan dengan lebih leluasa, karena perangkat memang dikhususkan untuk bekerja sebagai *WiFi Hotspot*. MiFi juga sangat cocok digunakan pada sebuah rumah dengan pengguna internet yang banyak namun tidak ingin menggunakan layanan internet dari *provider* internet kabel seperti Telkom Indihome misalnya. Karena pengguna MiFi hanya tinggal memasang sebuah kartu sim dan berlangganan layanan internet, bisa bulanan, harian atau hanya ketika diperlukan saja [14] .

Spesifikasi dari Andromax M3Z :

- Mobile WiFi LTE cat4.
- Chipset Qulacomm 9307.
- Dapat dikoneksikan dengan Tablet, PC, *Smartphone* dan perangkat *WiFi* lainnya.
- Mendukung *WiFi* 2.4 GHz.
- Mendukung sampai dengan 32 koneksi pengguna dalam waktu bersamaan.

2.8 Blynk

Blynk adalah sebuah layanan *server* yang digunakan untuk mendukung project *Internet of Things*. Layanan server ini memiliki lingkungan *mobile user* baik Android maupun iOS. Aplikasi Blynk sebagai pendukung IoT dapat diunduh melalui toko aplikasi pada masing-masing sistem operasi *smartphone*. Blynk mendukung berbagai macam *hardware* yang dapat digunakan untuk *project Internet of Things*. Blynk adalah papan kendali digital dengan fasilitas antarmuka grafis. Penambahan komponen pada Blynk Apps dapat mudah dilakukan, dengan cara memilih dan menyeret dari pilihan komponen yang ada sehingga memudahkan dalam penambahan komponen *input / output* tanpa perlu kemampuan pemrograman Android maupun iOS. Blynk diciptakan dengan tujuan untuk *control* dan *monitoring hardware* secara jarak jauh menggunakan komunikasi data internet ataupun intranet (jaringan LAN). Kemampuan menyimpan data dan menampilkan data secara visual baik menggunakan angka, warna ataupun grafis semakin memudahkan dalam pembuatan *project* di bidang *Internet of Things* [16].

Terdapat 3 komponen utama Blynk, yang hubungan antar komponennya ditunjukkan pada Gambar 2.17, yaitu :

a. Blynk Apps

Blynk Apps memungkinkan untuk membuat antarmuka proyek dengan berbagai macam komponen input output yang mendukung untuk pengiriman maupun penerimaan data serta merepresentasikan data sesuai dengan komponen yang dipilih. Representasi data dapat berbentuk visual angka maupun grafik [17].

Terdapat 4 jenis kategori komponen yang berdatang pada aplikasi Blynk :

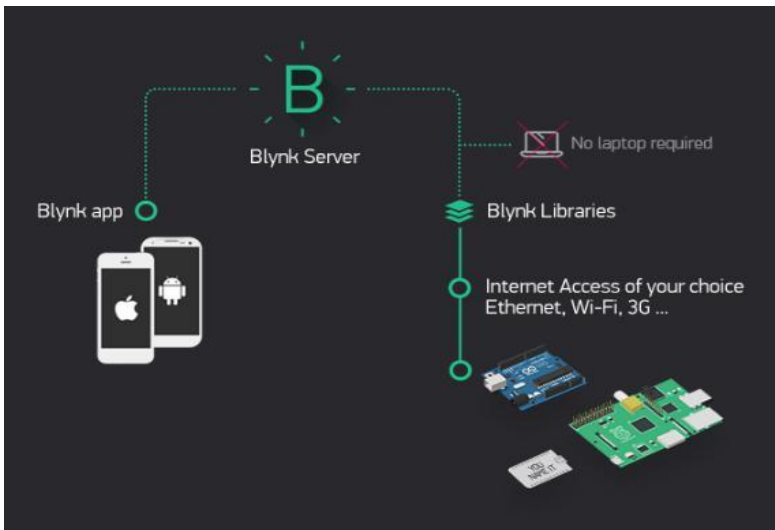
- *Controller* digunakan untuk mengirimkan data atau perintah ke Hardware
- *Display* digunakan untuk menampilkan data yang berasal dari hardware ke smartphone
- *Notification* digunakan untuk mengirim pesan dan notifikasi.
- *Interface* Pengaturan tampilan pada aplikasi Blynk dapat berupa menu ataupun tab
- *Others* beberapa komponen yang tidak masuk dalam 3 kategori sebelumnya diantaranya Bridge, RTC, Bluetooth

b. Blynk Server

Blynk *server* merupakan fasilitas *backend service* berbasis *cloud* yang bertanggung jawab untuk mengatur komunikasi antara aplikasi *smartphone* dengan lingkungan *hardware*. Kemampun untuk menangani puluhan *hardware* pada saat yang bersamaan semakin memudahkan para pengembang sistem IoT. Blynk *server* juga tersedia dalam bentuk server lokal apabila digunakan pada lingkungan tanpa internet [18]. Blynk server lokal bersifat terbuka dan dapat diimplementasikan pada sederhana sekalipun, contohnya *Raspberry Pi*.

c. Blynk Library

Blynk *Library* dapat digunakan untuk membantu pengembangan code. Blynk library tersedia pada banyak platform perangkat keras sehingga semakin memudahkan para pengembang IoT dengan fleksibilitas *hardware* yang didukung oleh lingkungan Blynk.



Gambar 2.12 Ilustrasi hubungan antara BLYNK dan perangkat IoT [18]

#halaman ini sengaja dikosongkan#

BAB III

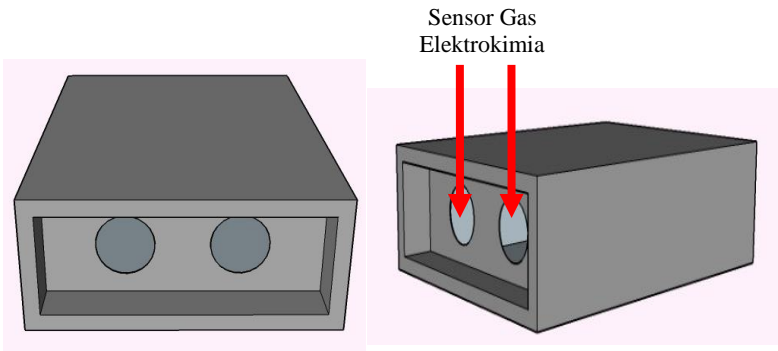
PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan rancangan keseluruhan dari sistem monitoring polusi udara di jalan raya berbasis IoT menggunakan sensor gas elektrokimia. Rancangan terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu rancangan perangkat keras (*hardware*) dan rancangan perangkat lunak (*software*). Rancangan perangkat keras meliputi perancangan *box* untuk meletakkan komponen elektronik sistem monitoring, perancangan rangkaian pengkondisi sinyal, perancangan rangkaian elektronik yang pada dasarnya adalah merancang *breakout board* dari *development board* NodeMCU ESP8266 agar pemasangan sensor gas elektrokimia (CO-B4 dan SO₂-BF) beserta komponen penunjang lainnya (modul GPS, ADS1115, dan rangkaian pengkondisi sinyal) dapat dilakukan dengan mudah. Sementara itu, rancangan perangkat lunak meliputi perancangan antarmuka pengguna (*user interface*) menggunakan komponen-komponen yang ada pada Blynk Apps pada *smartphone* (berbasis iOS maupun Android) sebagai bagian dari pemantauan (*monitoring*) dari sistem ini.

3.1 Rancangan Perangkat Keras

3.1.1 Rancangan Mekanik Alat

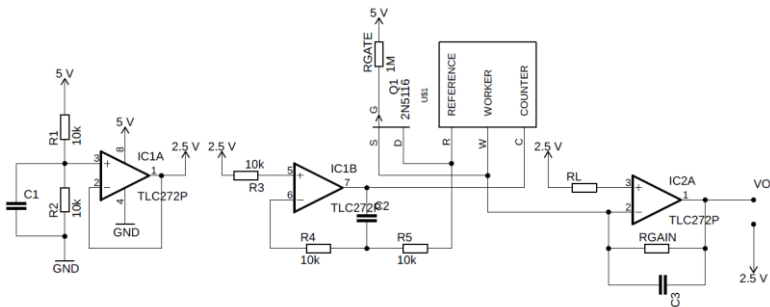
Pada tahap ini dilakukan perancangan *box* untuk meletakkan komponen elektronik sistem monitoring polusi udara. Di dalam *box* ini terdapat komponen elektronik seperti *Power Bank* yang berfungsi sebagai *Power Supply* untuk sistem monitoring ini, rangkaian pengkondisi sinyal, NodeMCU ESP8266, Router, modul ADS1115, Modul GPS, dan modul sensor gas elektrokimia. *Box* ini dirancang dengan panjang 28 cm, lebar 21 cm, dan tinggi 8 cm. Pada gambar 3.1 terlihat tampak depan dari *box* ini, pada bagian depan *box* terdapat 2 buah lubang dimana lubang tersebut akan digunakan untuk meletakkan sensor gas elektrokimia CO-B4 dan SO₂-BF. Bagian yang berlubang tersebut di desain dengan ukuran diameter lingkaran 3,5 cm untuk masing-masing sensor. Pada bagian yang berlubang juga di desain sedikit menjorok ke dalam sepanjang 2 cm. Hal ini dilakukan agar alat ini bisa diletakkan secara vertikal maupun horizontal. Untuk penelitian kali ini alat akan di letakkan secara horizontal disekitar jalan raya.



Gambar 3.1 Perancangan mekanik alat

3.1.2 Rancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Sensor gas elektrokimia CO-B4 dan SO₂-BF tidak bisa langsung digunakan untuk mendeteksi gas, sensor tersebut membutuhkan rangkaian elektronik agar mampu bekerja. Rangkaian yang dibutuhkan adalah rangkaian potentiostat dan *transimpedance amplifier* seperti pada gambar 3.2.

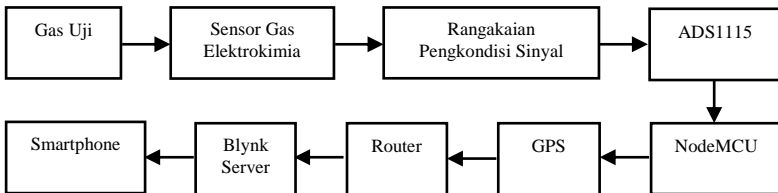


Gambar 3.2 Rangkain Pengkondisi Sinyal sensor gas elektrokimia

Rangkaian tersebut terdiri dari rangkaian potentiostat dan *transimpedance amplifier*. IC1B digunakan untuk mensuplai arus ke *counter electrode* untuk menyeimbangkan arus yang dibutuhkan oleh *working electrode* dan juga untuk mempertahankan tegangan dari *reference electrode*. IC2A digunakan untuk mengonversi besaran arus output dari sensor gas menjadi besaran tegangan sehingga dapat dibaca oleh mikrocontroller.

3.1.3 Rancangan Rangkaian Elektronik

Pada gambar 3.3 merupakan gambar diagram blok dari sistem monitoring polusi udara. Diagram blok ini akan menjelaskan tentang keseluruhan dari sistem monitoring polusi udara. Sistem monitoring ini akan melakukan pemantauan kadar gas CO dan SO₂ di jalan raya dengan menggunakan smartphone yang telah dilengkapi dengan aplikasi Blynk IoT.



Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem

Seperti yang digambarkan pada Gambar 3.3, perancangan keseluruhan sistem akan berjalan seperti pada diagram blok tersebut. Diagram blok secara umum terdiri dari gas sisa pembuangan kendaraan bermotor yang ada pada jalan raya, sensor gas elektrokimia (CO-B4 dan SO₂-BF), rangkaian pengkondisi sinyal, modul ADS1115, NodeMCU ESP8266, modul GPS, router, Blynk Server, dan smartphone.

Perangkat keras pada sistem monitoring ini terdiri dari :

Gas Uji

Sampel gas uji yang akan digunakan pada penelitian ini adalah gas sisa pembuangan kendaraan bermotor yang ada di sekitar jalan raya.

Sensor Gas Elektrokimia

Sensor yang digunakan adalah sensor CO-B4 dan SO₂-BF, yang digunakan untuk mengukur kadar gas CO dan SO₂ yang ada di jalan raya.

Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Rangkaian Pengkondisi sinyal digunakan untuk mengaktifkan sensor dan mengubah arus menjadi tegangan.

Modul ADS1115

Modul ADS1115 digunakan untuk menambah keperluan pin ADC pada NodeMCU, dikarenakan NodeMCU hanya memiliki 1 pin ADC saja.

NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai mikrokontroler pada sistem monitoring polusi udara di jalan raya.

Modul GPS

Modul GPS berfungsi untuk membaca titik koordinat longitude dan latitude posisi dari GPS.

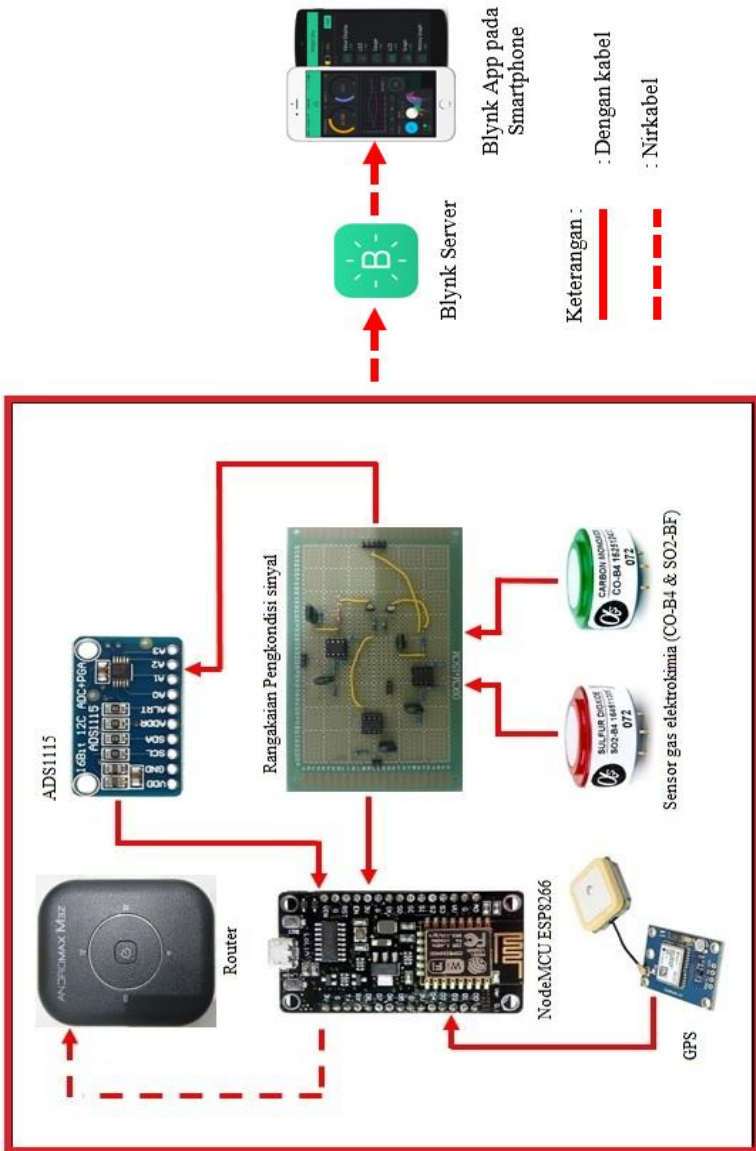
Router

Router berfungsi sebagai *Acces Point* agar NodeMCU ESP8266 bisa terhubung ke jaringan WiFi.

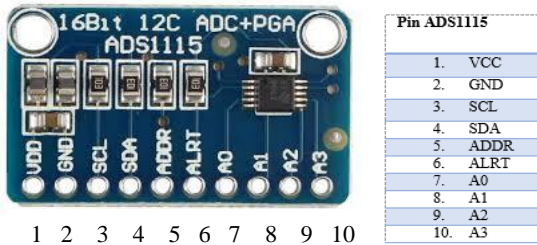
Smartphone

Smartphone berfungsi untuk menampilkan hasil pembacaan kadar sensor gas yang terukur dengan menggunakan aplikasi Blynk IoT.

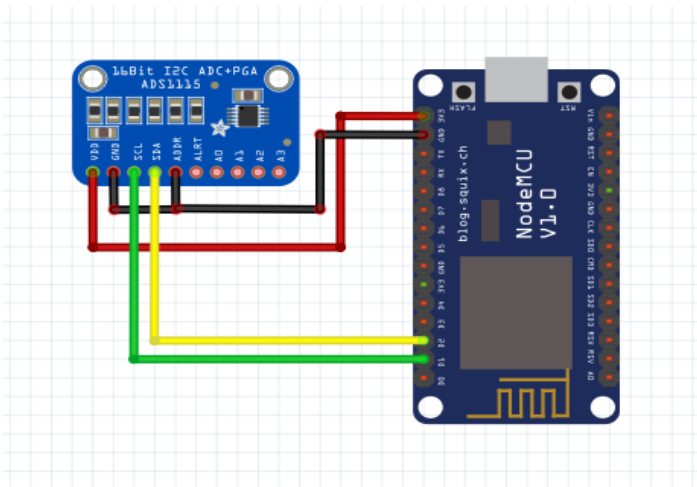
Hubungan dasar antar komponen yang digunakan dalam tugas akhir ini ditunjukkan oleh Gambar 3.4. Dapat dilihat bahwa yang menjadi otak dari sistem monitoring polusi udara adalah NodeMCU ESP8266. NodeMCU ESP8266 ini akan terhubung dengan Acces Point (router) dengan perantara jaringan WiFi yang ada pada router. Modul GPS pada penelitian ini berfungsi untuk menampilkan titik koordinat latitude dan longitude serta menunjukkan lokasi pada google map yang ada pada aplikasi Blynk. Rangkaian pengkondisi sinyal berfungsi untuk mengaktifkan sensor dan mengubah arus menjadi tegangan, hal ini dikarenakan keluaran sensor gas elektrokimia ini berupa arus sedangkan mikrokontroler hanya bisa membaca nilai tegangan. Modul ADS1115 berfungsi untuk pembacaan Analog Digital Converter (ADC), dimana modul ini dimanfaatkan untuk menambah kebutuhan akan fitur ADC. Pada dasarnya ini adalah rangkaian yang memungkinkan memperkuat sinyal pada input analog untuk mengambil pembacaan nilai dari rentang ADC. Hal ini juga diperlukan pada NodeMCU dikarenakan NodeMCU hanya memiliki 1 pin ADC saja. NodeMCU ESP8266 akan membaca masukan data dari sensor gas elektrokimia berupa nilai kadar gas CO dan SO₂ yang ada di sekitar jalan raya. NodeMCU ESP8266 ini juga akan melakukan koneksi dengan Blynk, salah satu server penyedia layanan IoT berbasis *cloud*. Dengan terlebih dahulu mengirimkan data-data pembacaan sensor dan data pembacaan GPS, apakah sensor bisa mendeteksi kadar gas CO dan SO₂ pada jalan raya serta modul GPS bisa mendapatkan titik koordinat latitude dan longitude di jalan raya. Pengguna dapat memantau kadar gas CO dan SO₂ ini dimanapun dia berada selama ada koneksi internet.



Gambar 3.4 Hubungan Antar Komponen Elektronik

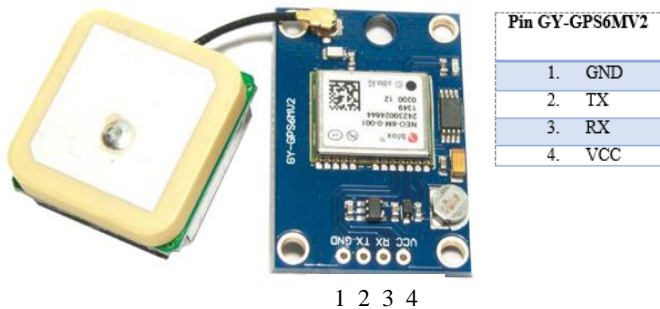


Gambar 3.5 Konfigurasi pin ADS1115

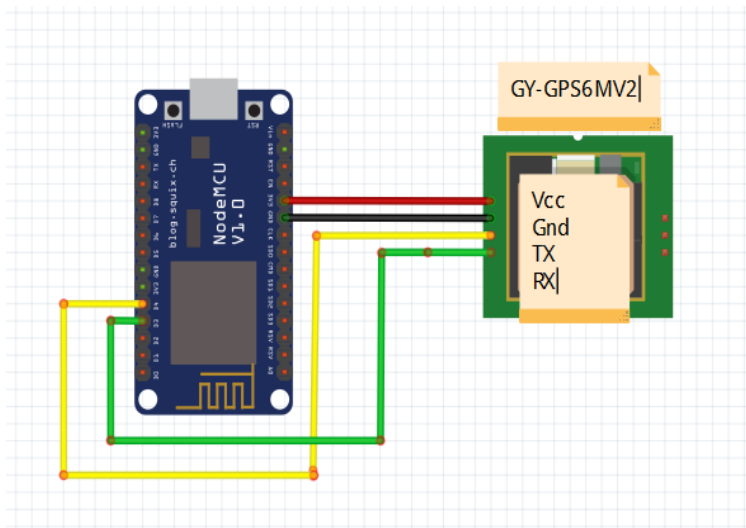


Gambar 3.6 Koneksi antara NodeMCU dengan ADS1115

Modul sensor ADS1115 ini memiliki 10 buah pin, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.5. Koneksi antara ADS1115 dengan NodeMCU ESP8266 ini dapat dilihat pada Gambar 3.6, di mana pin 1 (VCC) dihubungkan dengan pin 3V3 pada NodeMCU ESP8266, pin 2 (GND) di paralelkan dengan pin 5 (ADDR) pada modul ADS1115 kemudian dihubungkan dengan GND pada NodeMCU ESP8266, pin 3 (SCL) dihubungkan dengan pin D1 pada NodeMCU ESP8266, dan pin 4 (SDA) dihubungkan dengan pin D2 pada NodeMCU ESP8266. Untuk pin 6 (ALRT) pada ADS1115 ini tidak di pakai. Pada Pin A0 sampai dengan pin A3 digunakan sebagai inputan ADC untuk keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal.



Gambar 3.7 Konfigurasi pin GPS



Gambar 3.8 Koneksi antara NodeMCU dan GPS

Modul GY-GPS6MV2 memiliki 4 buah pin, yaitu VCC, TX, RX, dan GND seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.7. Koneksi antara modul GPS dan NodeMCU ESP8266 dapat dilihat pada Gambar 3.8, di mana pin VCC sensor dihubungkan ke pin 3V3 pada NodeMCU ESP8266, pin TX dihubungkan ke pin D3 NodeMCU ESP8266, pin RX dihubungkan ke pin D4 NodeMCU ESP8266, dan pin GND pada modul GPS dihubungkan ke pin GND pada NodeMCU ESP8266.

3.2 Rancangan Perangkat Lunak

3.2.1 Rancangan Sensitivitas sensor

Pada subbab ini akan dilakukan kalibrasi sensor gas elektrokimia CO-B4 dan SO₂-BF dengan menggunakan perumusan sistem sensitivitas. Arus keluaran dari sensor gas elektrokimia harus dikonversi ke nilai tegangan menggunakan penguat transimpedansi. Perhitungan dengan menggunakan rumus terlihat pada persamaan di bawah ini.

Penguat Transimpedansi	=	10^4 V/A
Berdasarkan Datasheet CO-B4	:	
Range Sesitivitas Sensor	=	$420 - 650$ nA/ppm
	=	$(420 + 650) / 2$
	=	535 nA/ppm
	=	$5,35 \times 10^{-7}$ A/ppm
Sistem Sensitivitas	=	$5,35 \times 10^{-7} \times 10^4$ V/ppm
	=	$5,35 \times 10^{-3}$ mV/ppm
	=	$0,00535$ V/ppm
Penguat Transimpedansi	=	10^4 V/A
Berdasarkan Datasheet SO ₂ -BF	:	
Range Sesitivitas Sensor	=	$300 - 480$ nA/ppm
	=	$(300 + 480) / 2$
	=	390 nA/ppm
	=	$3,90 \times 10^{-7}$ A/ppm
Sistem Sensitivitas	=	$3,90 \times 10^{-7} \times 10^4$ V/ppm
	=	$3,90 \times 10^{-3}$ mV/ppm
	=	$0,00390$ V/ppm

Pada rangkaian pengkondisi sinyal terdapat sebuah resistor penguatan (RGain) dengan nilai 10 Kohm. RGain mendefinisikan gain dari amplifier dengan satuan V/A. Jika RGain bernilai 10 Kohm maka nilai nya sama dengan 10^4 V/A. Sistem Sensitivitas pada sensor gas elektrokimia tipe CO-B4 mendefinisikan dimana setiap kenaikan 1 ppm maka nilai tegangannya yaitu sebesar 0,00535 V, begitu juga untuk sensor gas elektrokimia tipe SO₂-BF, dimana setiap kenaikan 1 ppm nilai tegangannya sebesar 0,00390 V. Nilai yang didapat pada perumusan sistem sensitivitas sensor gas elektrokimia ini akan dijadikan sebagai acuan dalam proses pemrograman pada mikrokontroller nantinya.

3.2.2 Pembacaan Sensor

Pembacaan nilai sensor CO-B4, SO₂-BF, dan virtual ground merupakan nilai digital hasil ADC dari modul ADS1115. *Library* “ADS1115.h” dibutuhkan untuk mengakses nilai digital tersebut. Untuk membaca nilai sensor CO-B4, SO₂-BF dan *virtual ground*, langsung dihubungkan ke input pin A0 sampai dengan pin A3 pada modul ADS1115. Program yang digunakan adalah sebagai berikut :

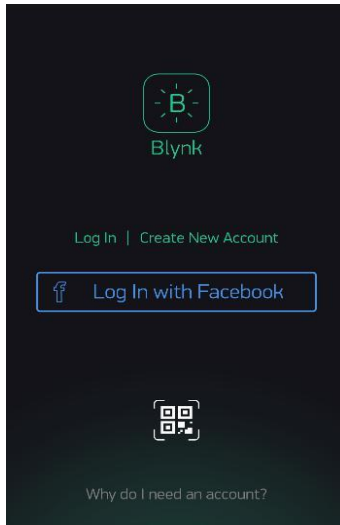
```
adc0 = ads.Measure_SingleEnded(0); // CO-B4
adc1 = ads.Measure_SingleEnded(1); // SO2-BF
adc2 = ads.Measure_SingleEnded(2); // VGND
adc3 = ads.Measure_SingleEnded(3); // VGND
```

Nilai tersebut masih berupa nilai digital, diperlukan konversi ke nilai tegangan. Pada modul ADS1115, resolusi ADC adalah 16 bit, dimana 1 bit terakhir merupakan pembacaan untuk nilai analog negatif, sehingga resolusi yang dapat digunakan adalah 15 bit, dimana konversi nilai tegangan pada ADS1115 adalah :

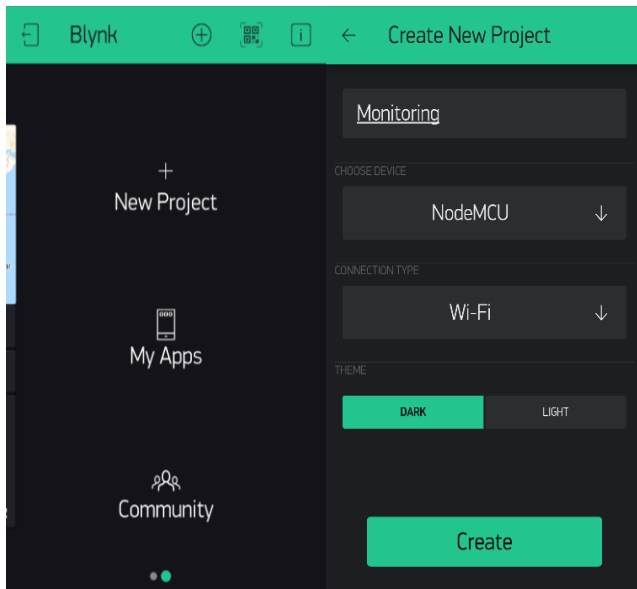
$$V_{adc} = \frac{V_{in} \times 32767}{V_{ref}}$$

3.2.3 Rancangan Antarmuka

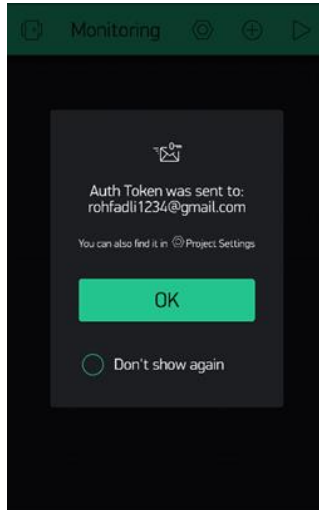
Sebagai antarmuka dari sistem ini, digunakan aplikasi klien Blynk App yang dapat digunakan di *smartphone* berbasis Android maupun iOS. Aplikasi inilah yang menjadi penghubung antara pengguna dengan perangkat yang akan dikontrol. Dengan menggunakan aplikasi ini, pengguna dapat memantau dan mengontrol sistem penyemprotan larutan nutrisi yang dirancang. Langkah pertama yang dilakukan adalah memasang aplikasi Blynk pada *smartphone*, kemudian melakukan *sign up* atau *login* dengan akun yang ada, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.9. Setelah melakukan *login*, pengguna dapat langsung melakukan perancangan antarmuka dengan memilih menu *New Project*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.10 (a) berikut. Berikan nama pada *project* yang akan dibuat, lalu pilih NodeMCU sebagai *device* yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.10 (b). Pengguna akan mendapat token otorisasi yang berguna sebagai identitas perangkat yang digunakan. Token otorisasi akan dikirimkan ke email yang kita daftarkan ketika pertama kali membuat akun baru, seperti yang terlihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.9 Halaman awal Blynk App

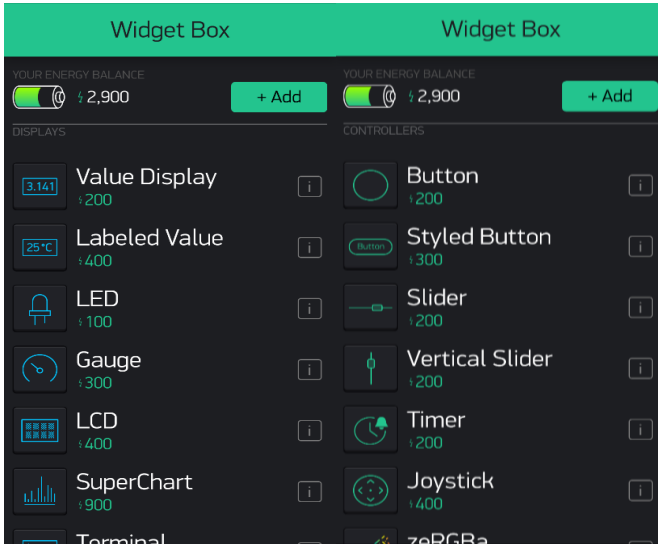


Gambar 3.10 (a) Menu utama; (b) membuat *project* baru

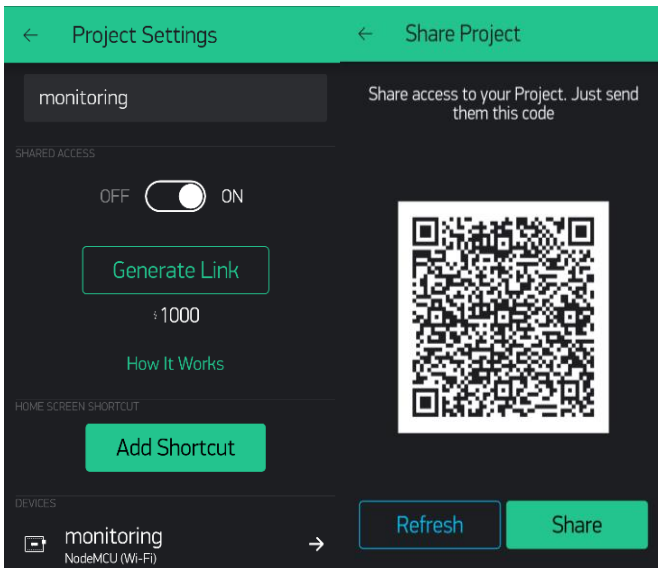


Gambar 3. 11 Notifikasi token otorisasi

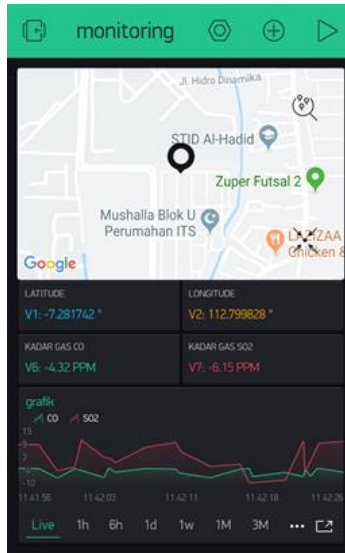
Pengguna dapat membuat rancangan antarmuka dengan memanfaatkan *widget* yang ada. Pada *Widget Box*, terdapat berbagai macam *widget* antarmuka dan kontrol yang dapat dipilih. Untuk menampilkan data dari perangkat (NodeMCU), gunakan *widget* dengan kategori *Displays*, sedangkan untuk melakukan kontrol, gunakan *widget* dengan kategori *Controllers*. Keduanya ditunjukkan pada Gambar 3.12 (a) dan (b). Pada perancangan antarmuka ini, *widget display* yang digunakan adalah *Google Maps* (untuk menampilkan lokasi alat pada saat melakukan pemantauan kadar gas CO dan SO₂ di jalan raya), *Labeled Value* (untuk menampilkan titik lokasi koordinat latitude dan longitude dari modul GPS serta menampilkan kadar gas CO dan SO₂ yang ada di sekitar jalan raya), *SuperChart* (untuk menampilkan grafik dari kadar gas CO dan SO₂ yang ada di sekitar jalan raya). Aplikasi Blynk juga memiliki fitur *Generate Link* dimana kita bisa membagikan sebuah *link* hasil dari project yang telah kita buat kepada orang lain, artinya orang lain juga bisa melakukan pemantauan dari project yang telah kita buat, akan tetapi mereka tidak bisa memodifikasinya, hanya sebatas melakukan pemantauan saja, seperti yang terlihat pada gambar 3.13. Untuk hasil akhir rancangan antarmuka monitoring terlihat pada gambar 3.14.



Gambar 3. 12 (a) widget kategori *display*; (b) *controllers*

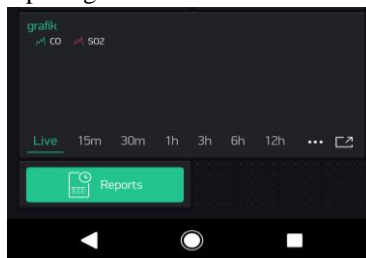


Gambar 3. 13 Tampilan *Generate Link*

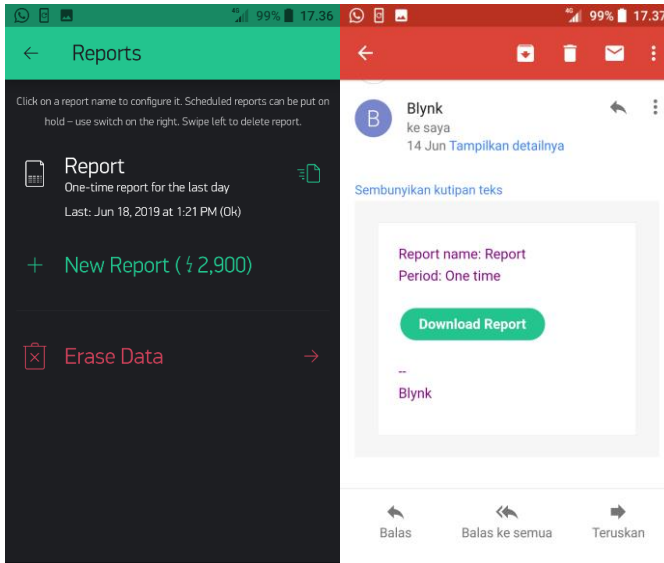


Gambar 3.14 Hasil akhir rancangan antarmuka *Monitoring*

Di bawah *widget* grafik juga terdapat *widget report*, seperti yang terlihat pada gambar 3.15, dimana *widget report* ini berfungsi untuk menampilkan data pembacaan dari sensor gas elektrokimia ke dalam bentuk laporan dengan format *.csv* atau *microsoft excel*. Data yang didapat bisa kita lihat di *software microsoft excel* dengan cara menekan *widget report*, seperti yang terlihat pada gambar 3.16. Kemudian laporan tersebut akan dikirim oleh pihak aplikasi blynk ke email pribadi pengguna agar bisa di download dan bisa di lihat dengan menggunakan *software microsoft excel* yang ada pada laptop maupun *smartphone* seperti yang terlihat pada gambar 3.17.



Gambar 3.15 *Widget report*

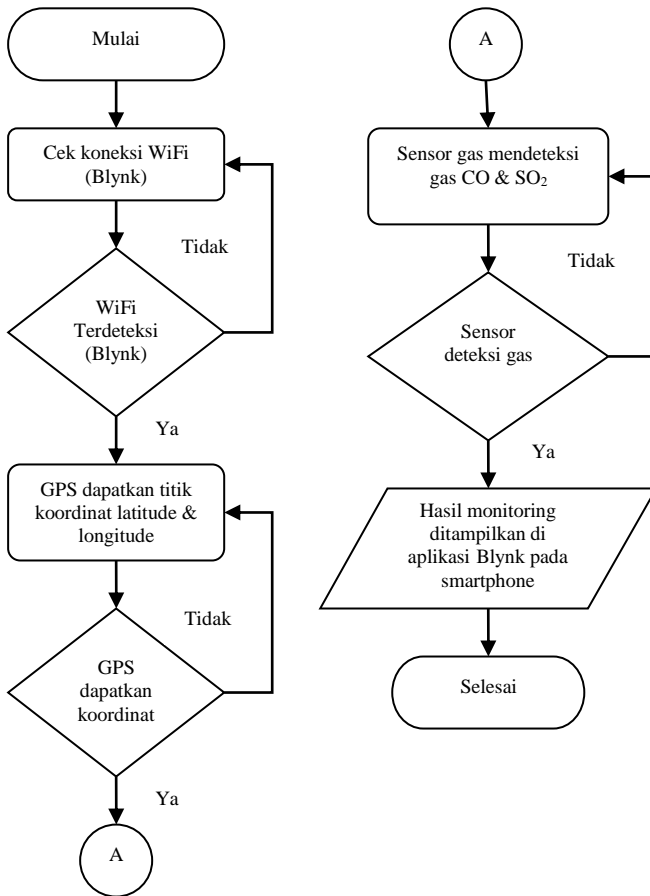


Gambar 3.16 Proses pengiriman laporan ke email pengguna

	A	B	C
1	6/14/2019 9:00	22.8177317	
2	6/14/2019 9:03	23.5618276	
3	6/14/2019 9:04	23.8970508	
4	6/14/2019 9:05	24.4498182	
5	6/14/2019 9:06	22.8612683	
6	6/14/2019 9:07	23.6228409	
7	6/14/2019 9:08	23.1313571	
8	6/14/2019 9:09	21.6714878	
9	6/14/2019 9:10	22.3831047	
10	6/14/2019 9:11	22.2301154	
11	6/14/2019 9:12	21.8731111	
12	6/14/2019 9:14	21.6978929	
13	6/14/2019 9:15	23.4798434	
14	6/14/2019 9:16	23.1924375	
15	6/14/2019 9:17	22.2487778	
16	6/14/2019 9:18	21.5948765	
17	6/14/2019 9:19	22.8660488	
18	6/14/2019 9:20	22.2205062	
19	6/14/2019 9:21	22.2247805	
20	6/14/2019 9:22	23.3800494	
21	6/14/2019 9:23	22.493358	
22	6/14/2019 9:24	22.2697349	
23	6/14/2019 9:25	22.5991829	
24	6/14/2019 9:26	22.262642	
25	6/14/2019 9:27	22.286358	

	A	B	C
1	6/14/2019 9:00	3.23170732	
2	6/14/2019 9:03	3.89655172	
3	6/14/2019 9:04	3.27118644	
4	6/14/2019 9:05	3.03409091	
5	6/14/2019 9:06	3.20731707	
6	6/14/2019 9:07	3.27272727	
7	6/14/2019 9:08	3.14285714	
8	6/14/2019 9:09	3.1097561	
9	6/14/2019 9:10	3	
10	6/14/2019 9:11	3.05128205	
11	6/14/2019 9:12	3.27777778	
12	6/14/2019 9:14	3	
13	6/14/2019 9:15	2.92771084	
14	6/14/2019 9:16	2.925	
15	6/14/2019 9:17	2.90123457	
16	6/14/2019 9:18	2.83950617	
17	6/14/2019 9:19	3	
18	6/14/2019 9:20	2.95	
19	6/14/2019 9:21	2.92771084	
20	6/14/2019 9:22	2.95	
21	6/14/2019 9:23	2.93902439	
22	6/14/2019 9:24	2.97560976	
23	6/14/2019 9:25	2.96385542	
24	6/14/2019 9:26	2.95061728	
25	6/14/2019 9:27	2.9375	

Gambar 3.17 Laporan hasil dari monitoring gas CO dan SO₂



Gambar 3. 18 Flowchart dari sistem monitoring polusi udara

Pada gambar 3.18 merupakan flowchart dari keseluruhan sistem monitoring polusi udara di jalan raya, dimana kerja dari alat ini dimulai pada proses pengecekan koneksi WiFi antara nodeMCU ESP8266 dengan router. Ketika koneksi WiFi terdeteksi selanjutnya masuk pada tahap GPS mendapatkan titik koordinat yaitu latitude dan longitude. Setelah mendapatkan titik koordinat latitude dan longitude, sensor gas mulai bekerja dengan cara mendeteksi kadar gas CO dan SO₂ yang ada

disekitar jalan raya. Kemudian data yang didapatkan oleh sensor akan dikirim ke server Blynk dan bisa diakses dengan menggunakan aplikasi Blynk untuk melakukan kegiatan monitoring polusi udara di jalan raya. Spesifikasi dari alat monitoring polusi udara di jalan raya berbasis IoT menggunakan sensor gas elektrokimia bisa dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi alat monitoring polusi udara

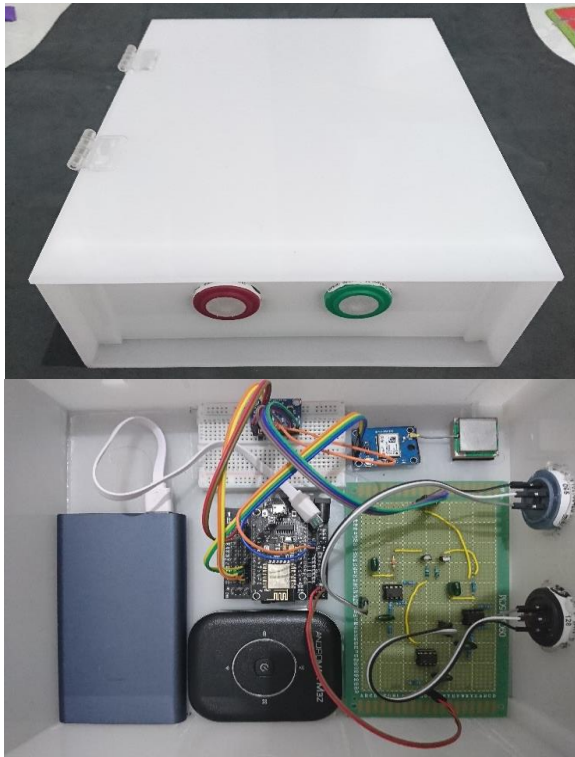
Ukuran Alat	:	28 x 21 x 8 cm (P x L x T)
Temperatur Sensor	:	-30 to 50 °C (CO-B4 & SO ₂ -BF)
Kelembapan Sensor	:	50 to 90 % rh (CO-B4 & SO ₂ -BF)
Berat Sensor	:	13 gr (CO-B4 & SO ₂ -BF)
Rentang Pengukuran Sensor	:	0 - 1000 ppm (CO-B4 & SO ₂ -BF)
Sensitivitas Sensor	:	420 – 650 nA/ppm (CO-B4) 300 – 480 nA/ppm (SO ₂ -BF)
Mikrokontroler	:	NodeMCU ESP8266
GPS	:	NEO6MV2
Router	:	Andromax M3Z
ADC Eksternal	:	ADS1115
Software	:	Blynk IoT
Smartphone yang digunakan	:	Sony Experia XZ
Powerbank yang digunakan	:	Xiomi
Kapasitas Powerbank	:	10000 mAh
Power Supply	:	5V DC
Daya Tahan Alat	:	24 Jam

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Setelah dilakukan perancangan perangkat sistem monitoring polusi udara di jalan raya berbasis IoT menggunakan sensor gas elektrokimia, maka dalam bab ini akan dilakukan serangkaian uji coba alat sesuai dengan kinerja yang diharapkan.

Hasil dari perancangan dan pembuatan perangkat keras sistem sensor gas ditunjukkan pada gambar 4.1. Perangkat ini terdiri dari sensor gas elektrokimia (CO-B4 & SO₂-BF), rangkaian pengkondisi sinyal, NodeMCU ESP8266, modul GPS6MV2, modul ADS1115, *router*, dan *power bank*.



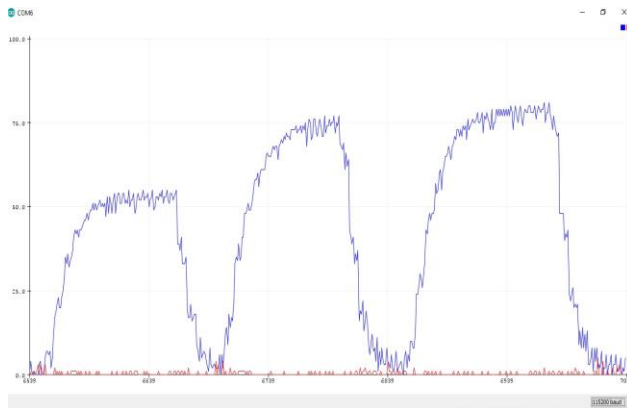
Gambar 4.1 Realisasi Perangkat Keras Sistem Monitoring Polusi Udara

4.1 Pengujian Sensor

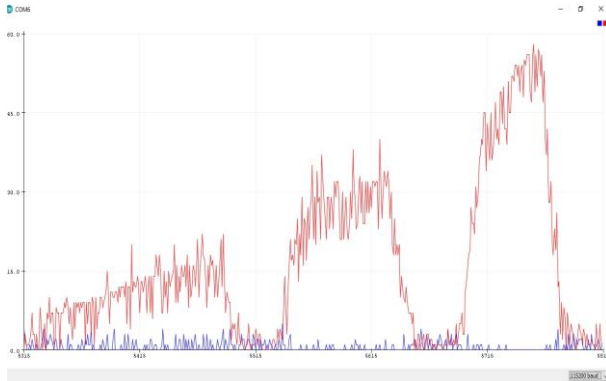
Pada subbab ini akan dilakukan pengujian sensor gas elektrokimia. Pada pengujian ini sensor CO-B4 dan SO₂-BF akan diberikan sampel gas untuk melihat respon dari sensor seperti pada gambar 4.2. Lalu sensor yang terhubung ke rangkaian pengkondisi sinyal akan mengeluarkan tegangan dan dibaca oleh NodeMCU ESP8266 seperti pada gambar 4.3 dan 4.4. Hasil dari keluaran sensor yang diberi sampel gas akan dilihat dengan menggunakan *serial plotter* yang terdapat pada *software* Arduino IDE.



Gambar 4.2 Realisasi Sensor CO-B4 dan SO₂-BF



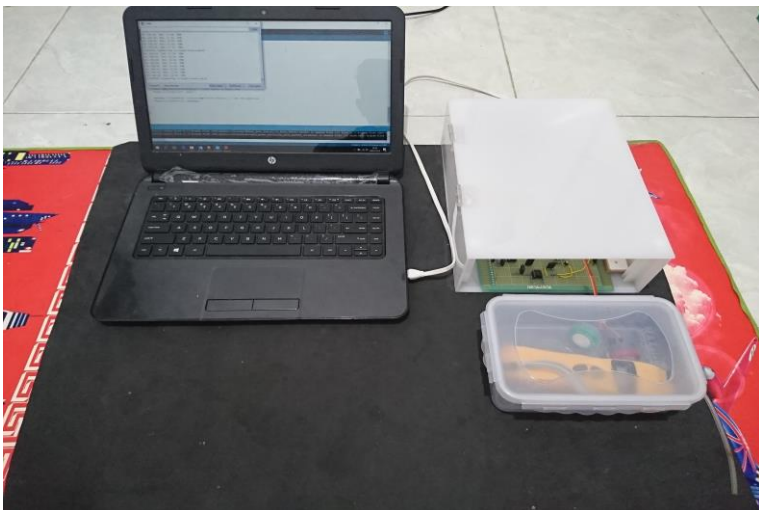
Gambar 4.3 Respon Sensor CO-B4 pada Arduino IDE



Gambar 4.4 Respon Sensor SO₂-BF pada Arduino IDE

4.2 Kalibrasi Sensor

Pada subbab ini akan dilakukan kalibrasi sensor CO-B4 dengan CO meter. Untuk melakukan proses kalibrasi, sensor dan CO meter dimasukkan kedalam wadah untuk mempersempit ruang dan mempermudah pendeteksian gas seperti pada gambar 4.5. Percobaan ini dilakukan sebanyak 2 kali untuk dirata-rata, dan didapatkan seperti tabel 4.1 dan 4.2.



Gambar 4.5 Kalibrasi Sensor CO-B4 dengan CO meter

Tabel 4.1 Kalibrasi sensor CO-B4 dengan CO meter percobaan 1

CO meter (ppm)	Vout (V)
0	0.005
5	0.026
10	0.053
20	0.107
30	0.160
40	0.214
50	0.267
60	0.321
70	0.374
80	0.428
90	0.481
100	0.535
110	0.588
120	0.642

Tabel 4.2 Kalibrasi sensor CO-B4 dengan CO meter percobaan 2

CO meter (ppm)	Vout (V)
0	0.006
5	0.028
10	0.059
20	0.110
30	0.167
40	0.218
50	0.270
60	0.326
70	0.377
80	0.432
90	0.486
100	0.538
110	0.591
120	0.648

4.3 Pengujian Sensor di Ruang Gas Uji

Pada subbab ini akan dilakukan pengujian sensor gas elektrokimia di ruang gas uji. Untuk melakukan pengujian ini sensor CO-B4 dan SO₂-BF akan dimasukkan kedalam wadah untuk mempersempit ruang dan mempermudah untuk pendeteksiian gas seperti pada gambar 4.6 dan 4.7.



Gambar 4.6 Persiapan pengujian di ruang gas uji



Gambar 4.7 Realisasi sensor gas di ruang gas uji

Pada pengujian ini perlu dipersiapkan alat-alat untuk mengambil sampel gas, yaitu botol untuk penampungan gas dari pembuangan kendaraan bermotor, suntik untuk pengambilan sampel gas dari botol, selang sebagai penghubung, dan wadah untuk ruang uji gas. Pertama-tama gas diambil menggunakan botol untuk menyedot gas dari knalpot kendaraan bermotor seperti pada gambar, lalu gas yang ada didalam botol disedot dengan menggunakan suntik seperti pada gambar 4.8, kemudian gas yang telah diambil dengan suntik akan dimasukkan kedalam wadah ruang uji gas melalui selang yang ada pada wadah lalu dibaca oleh sensor seperti pada gambar 4.9. Kemudian datanya diproses oleh NodeMCU ESP8266 dan divisualisasikan pada serial plotter yang ada pada software Arduino IDE, setelah selesai dimonitoring data akan disimpan dalam format CSV.



Gambar 4.8 Pengambilan sampel gas pada knalpot



Gambar 4.9 Penyuntikan sampel gas kedalam ruang gas uj

Percobaan dilakukan sebanyak 10 kali untuk tiap-tiap sensor, dimana jumlah gas yang diambil sampelnya dengan menggunakan suntikan sebesar 10 mL untuk 1 kali percobaan. Percobaan ini dilakukan dengan range 10 – 100 mL untuk tiap-tiap sensor seperti yang terlihat pada tabel 4.3 dan 4.4. Pada pengujian sensor CO-B4 didapatkan rata-rata kadar gas CO sebesar 124,2 ppm dan rata-rata kadar gas SO₂ sebesar 72,3 ppm.

Tabel 4.3 Pengujian Sensor CO-B4 di ruang gas uji

Kadar Gas (mL)	Kadar Gas CO (ppm)	Vout (V)
10	28	0.14
20	39	0.2
30	50	0.26
40	74	0.39
50	135	0.72
60	147	0.78
70	164	0.87
80	179	0.95
90	188	1
100	238	1.27

Tabel 4.4 Pengujian Sensor SO₂-BF di ruang gas uji

Kadar Gas (mL)	Kadar Gas SO ₂ (ppm)	Vout (V)
10	21	0,08
20	36	0,14
30	44	0,17
40	57	0,22
50	66	0,25
60	78	0,3
70	88	0,34
80	95	0,37
90	111	0,43
100	127	0,49

4.4 Pengujian Sistem Keseluruhan

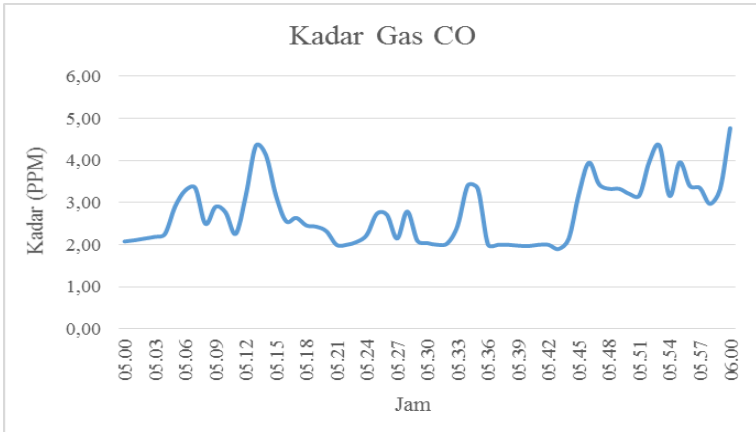
Pada pengujian keseluruhan sistem monitoring, hasil yang didapatkan yaitu pembacaan sensor gas CO-B4 dan SO₂-BF yang digunakan untuk mengukur kadar gas CO dan SO₂ di jalan raya. Pengujian sistem dilakukan selama 2 hari yang berbeda di jalan Arif Rahman Hakim dan 1 hari di Jalan Kertajaya. Pada hari pertama tanggal 14 Juni 2019 pengujian dilakukan sebanyak 7 kali pada jam-jam tertentu. Pada hari kedua tanggal 25 Juni 2019, pengujian dilakukan selama seharian penuh atau 24 jam. Pada hari ketiga tanggal 3 Juli 2019, pengujian dilakukan selama 15 menit dengan menggunakan CO meter di jalan Kertajaya.



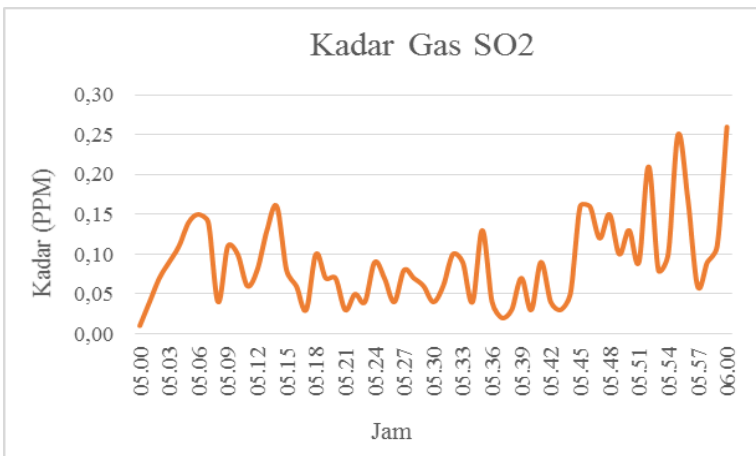
Gambar 4.10 Monitoring kadar gas CO dan SO₂ di jalan Arif Rahman Hakim

4.4.1 Pengujian Pada Hari Pertama

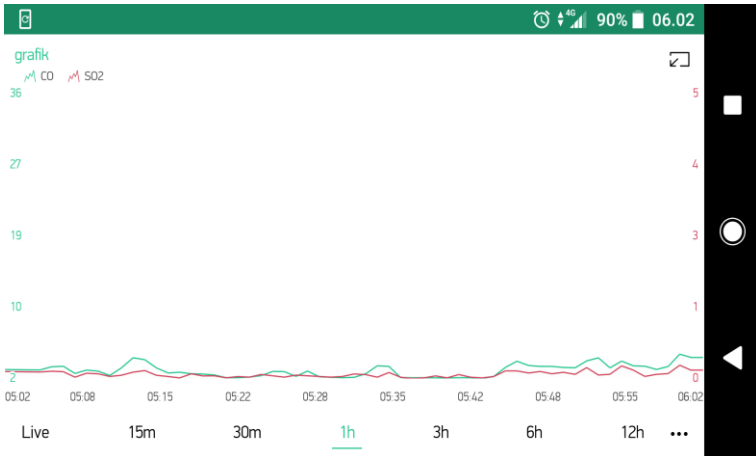
Pengujian ini dilakukan untuk memonitoring kadar gas CO dan SO₂ menggunakan sensor gas elektrokimia secara berkala pada jam-jam tertentu. Pengujian dilakukan pada jam 05.00 s/d 06.00 WIB dengan rentang waktu selama 7 Jam. Pada pengujian ini didapatkan rata-rata kadar gas CO sebesar 2.77 ppm dan rata-rata kadar gas SO₂ sebesar 0.09 ppm seperti pada gambar 4.11, 4.12, dan 4.13.



Gambar 4.11 Grafik kadar gas CO pada jam 05.00 – 06.00 WIB

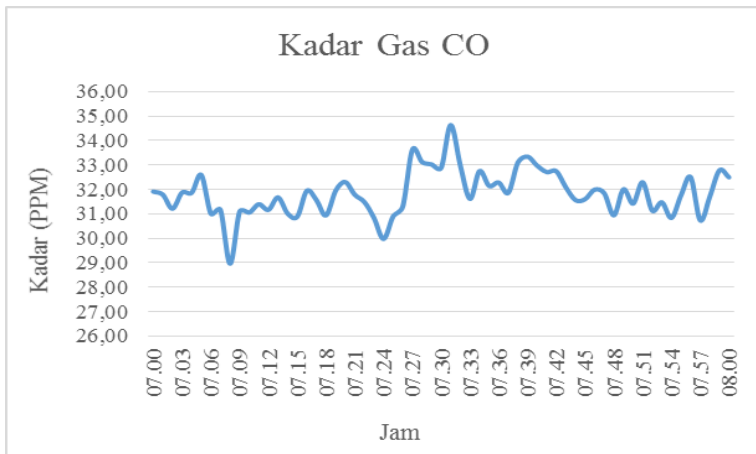


Gambar 4.12 Grafik kadar gas SO₂ pada jam 05.00 – 06.00 WIB

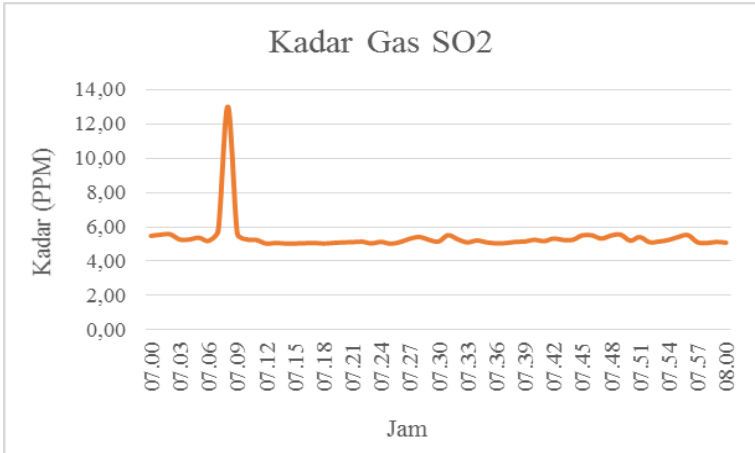


Gambar 4.13 Grafik pada aplikasi Blynk pada jam 05.00 – 06.00 WIB

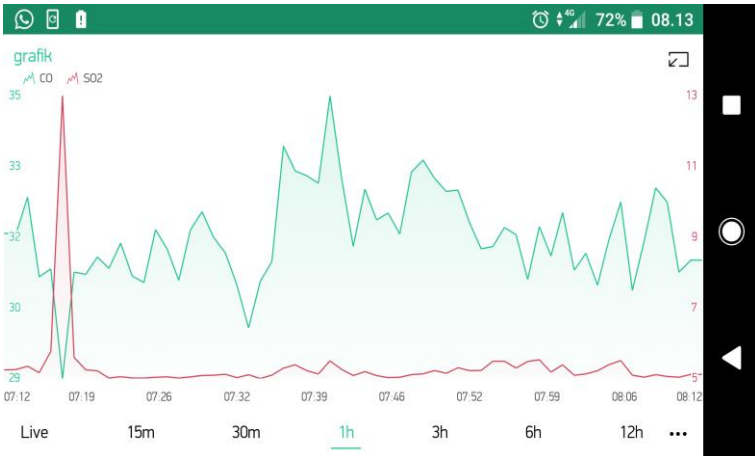
Pengujian yang kedua dilakukan pada jam 07.00 s/d 08.00 WIB. Pada pengujian ini didapatkan rata-rata kadar gas CO sebesar 31,84 ppm dan rata-rata kadar gas SO₂ sebesar 5,37 ppm seperti pada gambar 4.14, 4.15, dan 4.16.



Gambar 4.14 Grafik kadar gas CO pada jam 07.00 – 08.00 WIB

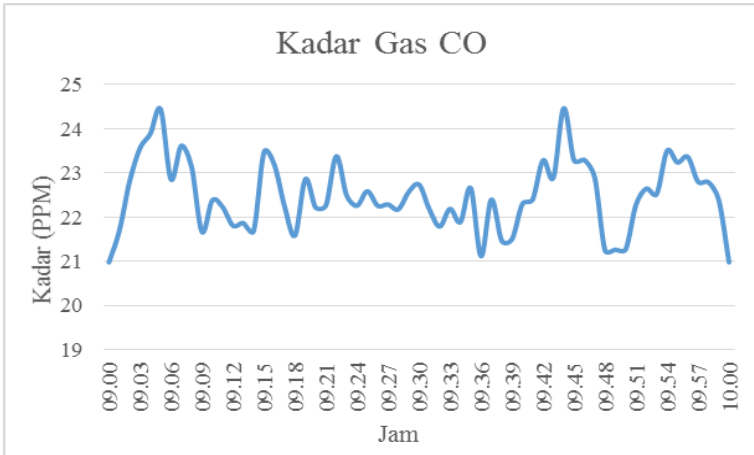


Gambar 4.15 Grafik kadar gas SO₂ pada jam 07.00 – 08.00 WIB

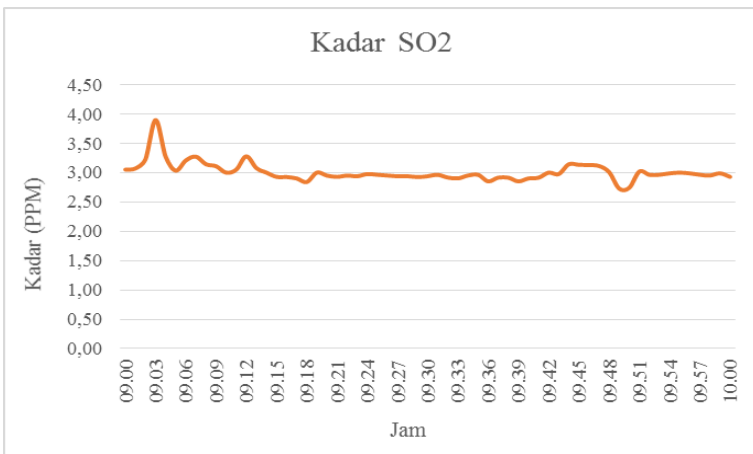


Gambar 4.16 Grafik pada aplikasi Blynk pada jam 07.00 – 08.00 WIB

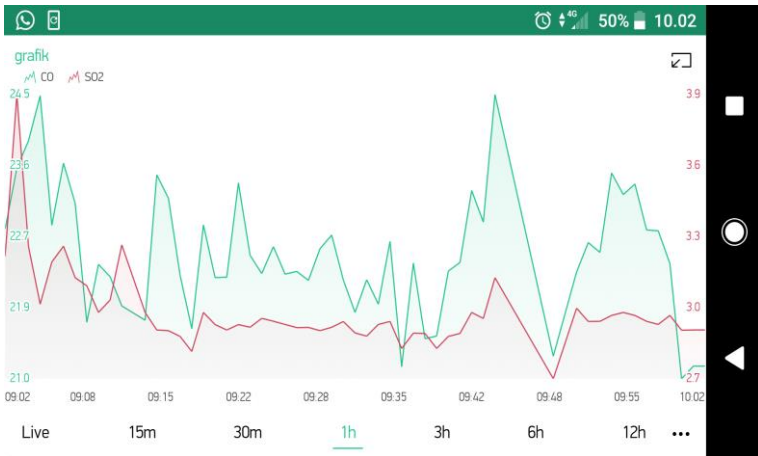
Pengujian yang ketiga dilakukan pada jam 09.00 s/d 10.00 WIB. Pada pengujian ini didapatkan rata-rata kadar gas CO sebesar 22,48 ppm dan rata-rata kadar gas SO₂ sebesar 3,01 ppm seperti pada gambar 4.17, 4.18, dan 4.19.



Gambar 4.17 Grafik kadar gas CO pada jam 09.00 – 10.00 WIB

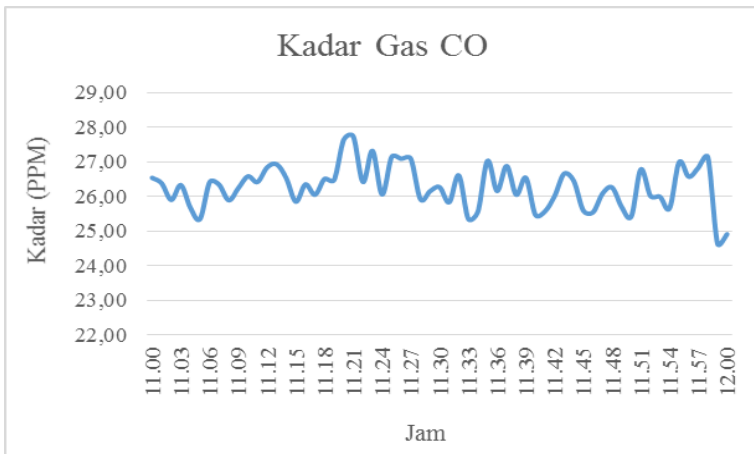


Gambar 4.18 Grafik kadar gas SO₂ pada jam 09.00 – 10.00 WIB

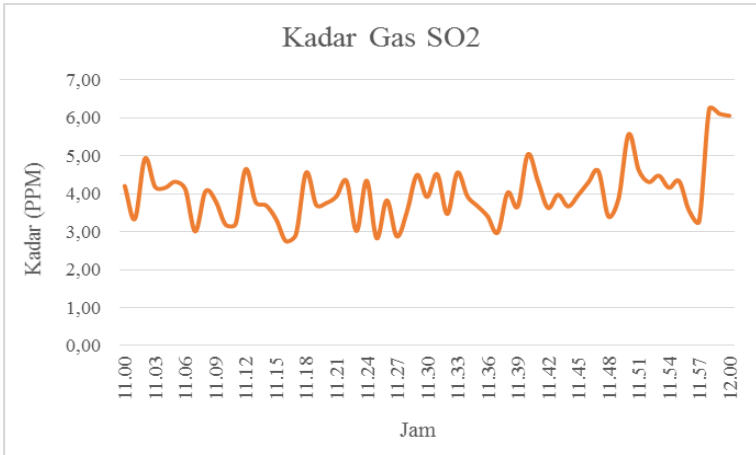


Gambar 4.19 Grafik pada aplikasi Blynk pada jam 09.00 – 10.00 WIB

Pengujian yang keempat dilakukan pada jam 11.00 s/d 12.00 WIB. Pada pengujian ini didapatkan rata-rata kadar gas CO sebesar 26,27 ppm dan rata-rata kadar gas SO₂ sebesar 4,01 ppm seperti pada gambar 4.20, 4.21, dan 4.22.



Gambar 4.20 Grafik kadar gas CO pada jam 11.00 – 12.00 WIB

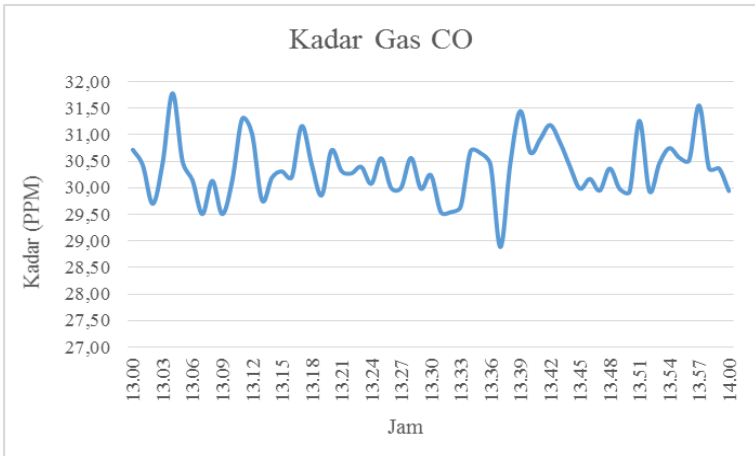


Gambar 4.21 Grafik kadar gas SO₂ pada jam 11.00 – 12.00 WIB

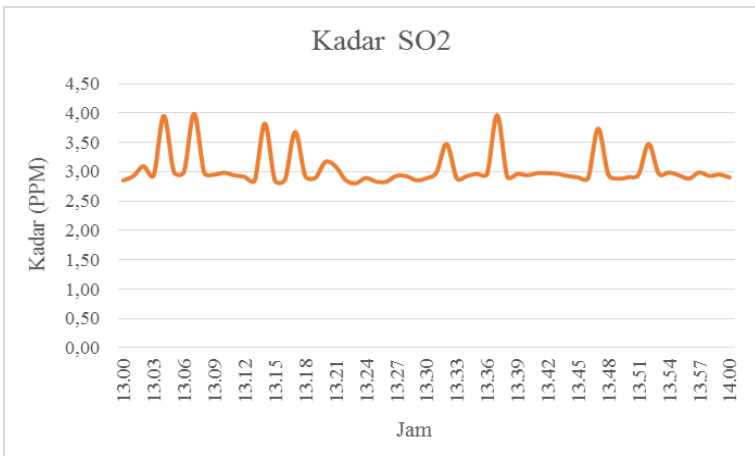


Gambar 4.22 Grafik pada aplikasi Blynk pada jam 11.00 – 12.00 WIB

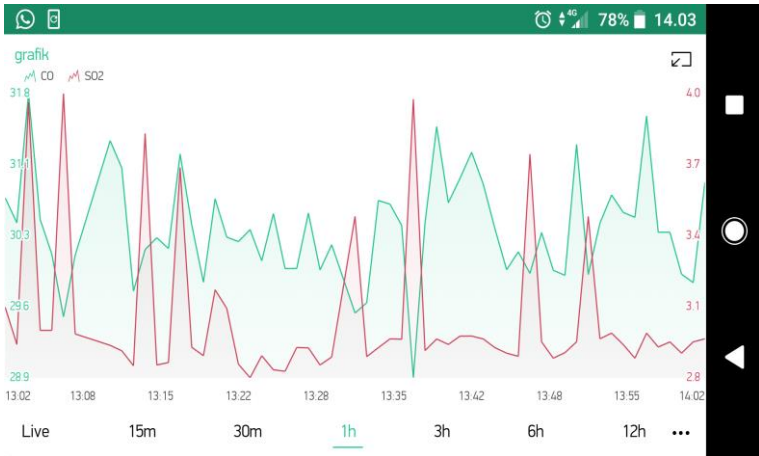
Pengujian yang kelima dilakukan pada jam 13.00 s/d 14.00 WIB. Pada pengujian ini didapatkan rata-rata kadar gas CO sebesar 30,36 ppm dan rata-rata kadar gas SO₂ sebesar 3,04 ppm seperti pada gambar 4.23, 4.24, dan 4.25.



Gambar 4.23 Grafik kadar gas CO pada jam 13.00 – 14.00 WIB

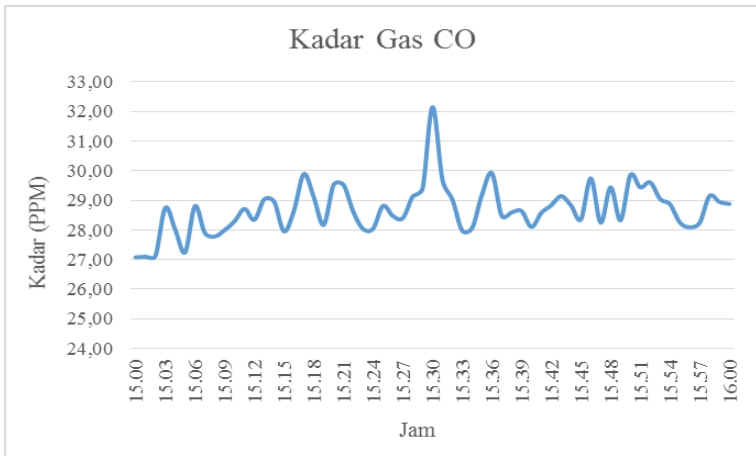


Gambar 4.24 Grafik kadar gas SO₂ pada jam 13.00 – 14.00 WIB

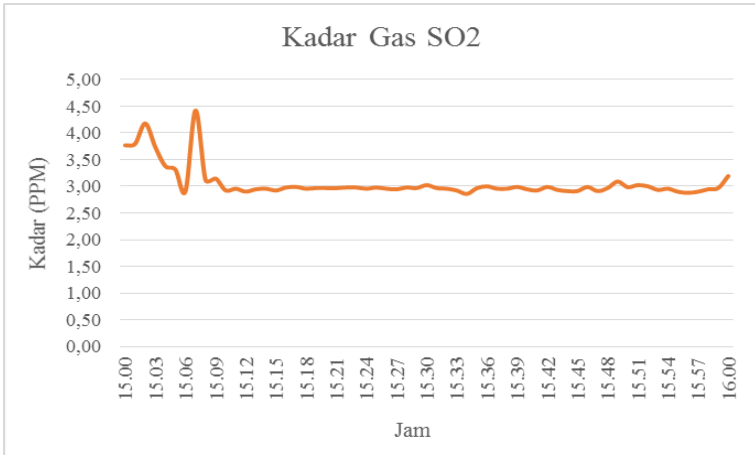


Gambar 4.25 Grafik pada aplikasi Blynk pada jam 13.00 – 14.00 WIB

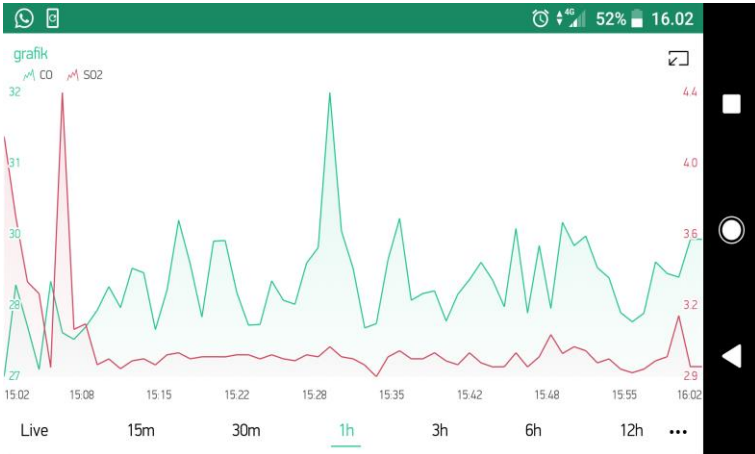
Pengujian yang keenam dilakukan pada jam 15.00 s/d 16.00 WIB. Pada pengujian ini didapatkan rata-rata kadar gas CO sebesar 28,70 ppm dan rata-rata kadar gas SO₂ sebesar 3,06 ppm seperti pada gambar 4.26, 4.27, dan 4.28.



Gambar 4.26 Grafik kadar gas CO pada jam 15.00 – 16.00 WIB

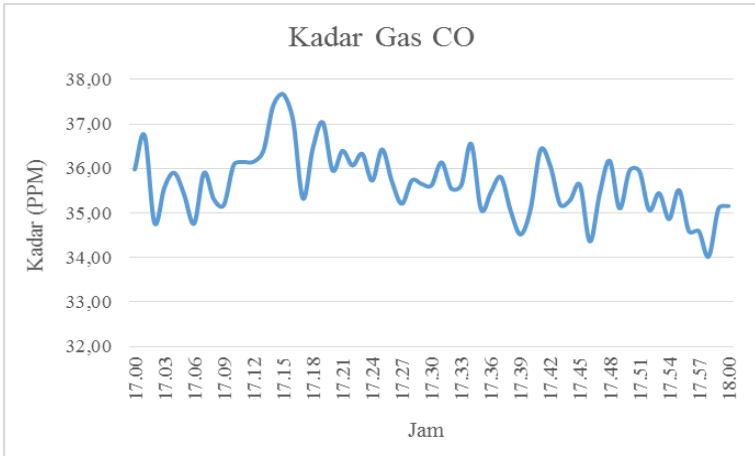


Gambar 4.27 Grafik kadar gas SO₂ pada jam 15.00 – 16.00 WIB

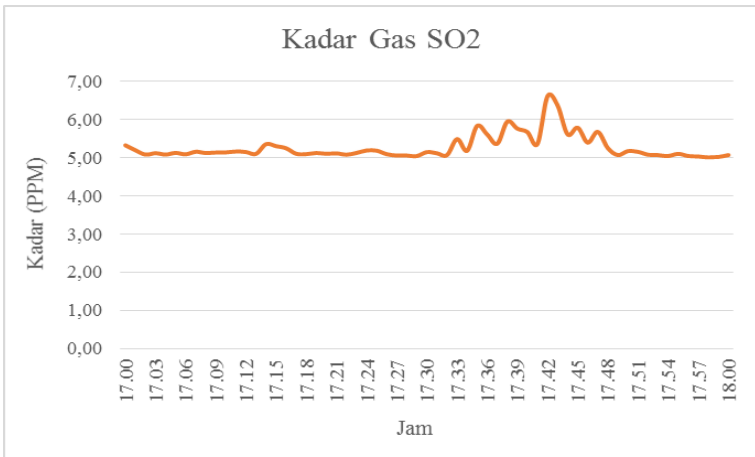


Gambar 4.28 Grafik pada aplikasi Blynk jam 15.00 – 16.00 WIB

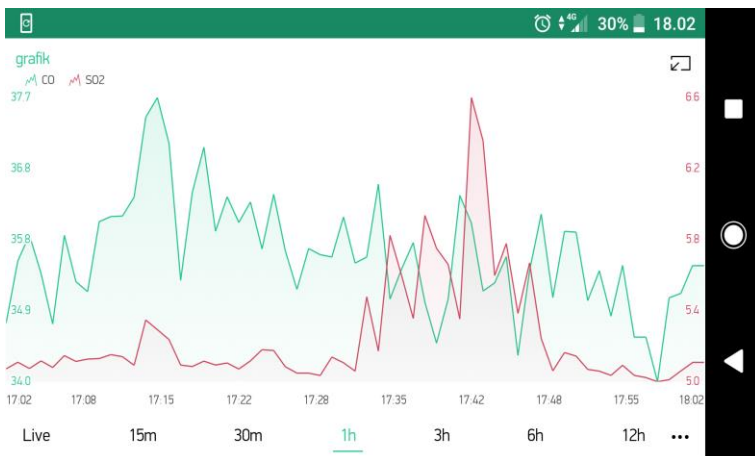
Pengujian yang ketujuh dilakukan pada jam 17.00 s/d 18.00 WIB. Pada pengujian ini didapatkan rata-rata kadar gas CO sebesar 35,69 ppm dan rata-rata kadar gas SO₂ sebesar 5,27 ppm seperti pada gambar 4.29, 4.30, dan 4.31.



Gambar 4.29 Grafik kadar gas CO pada jam 17.00 – 18.00 WIB



Gambar 4.30 Grafik kadar gas SO₂ pada jam 17.00 – 18.00 WIB

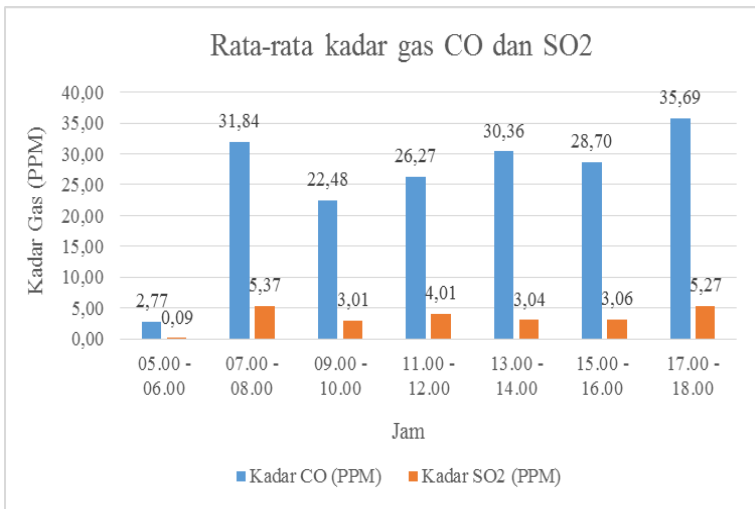


Gambar 4.31 Grafik pada aplikasi Blynk jam 17.00 – 18.00 WIB

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, Pengujian monitoring polusi udara di jalan Arif Rahman Hakim pada tanggal 14 juni 2019 bisa di lihat kenaikan kadar gas CO dan SO₂ itu sangat tinggi ketika berada pada jam-jam tertentu. Pada jam 05.00-06.00 WIB rata-rata kadar gas CO dan SO₂ sebesar 2,77 ppm dan 0,09 ppm. Pada jam 07.00-08.00 WIB rata-rata kadar gas CO dan SO₂ sebesar 31,84 ppm dan 5,37 ppm. Pada jam 09.00-10.00 WIB rata-rata kadar gas CO dan SO₂ sebesar 22,48 ppm dan 3,01 ppm. Pada jam 11.00-12.00 WIB rata-rata kadar gas CO dan SO₂ sebesar 26,27 ppm dan 4,01 ppm. Pada jam 13.00-14.00 WIB rata-rata kadar gas CO dan SO₂ sebesar 30,36 dan 3,04. Pada jam 15.00-16.00 WIB rata rata kadar gas CO dan SO₂ sebesar 28,70 ppm dan 3,06 ppm. Pada jam 17.00-18.00 WIB rata-rata kadar gas CO dan SO₂ sebesar 35,69 ppm dan 5,27 ppm seperti yang terlihat pada tabel 4.5 dan gambar 4.32.

Tabel 4.5 Rata-rata kadar gas CO dan SO₂ pada hari pertama

Jam	Kadar CO (PPM)	Kadar SO ₂ (PPM)
05.00 - 06.00	2,77	0,09
07.00 - 08.00	31,84	5,37
09.00 - 10.00	22,48	3,01
11.00 - 12.00	26,27	4,01
13.00 - 14.00	30,36	3,04
15.00 - 16.00	28,70	3,06
17.00 - 18.00	35,69	5,27



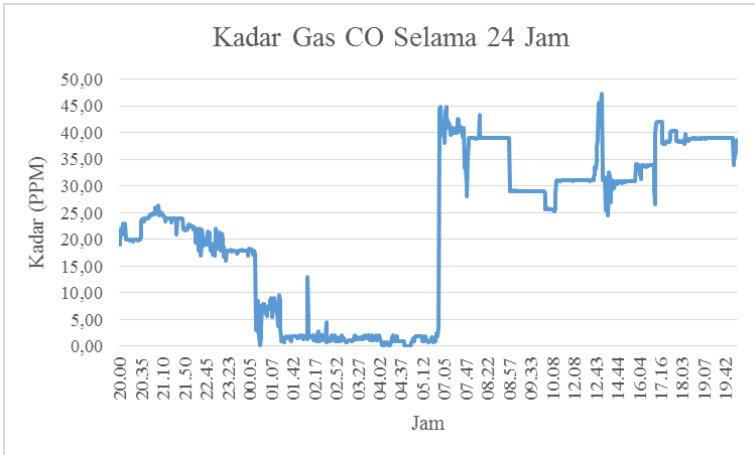
Gambar 4.32 Grafik rata-rata kadar gas CO dan SO₂ pada hari pertama

4.4.2 Pengujian Pada Hari Kedua

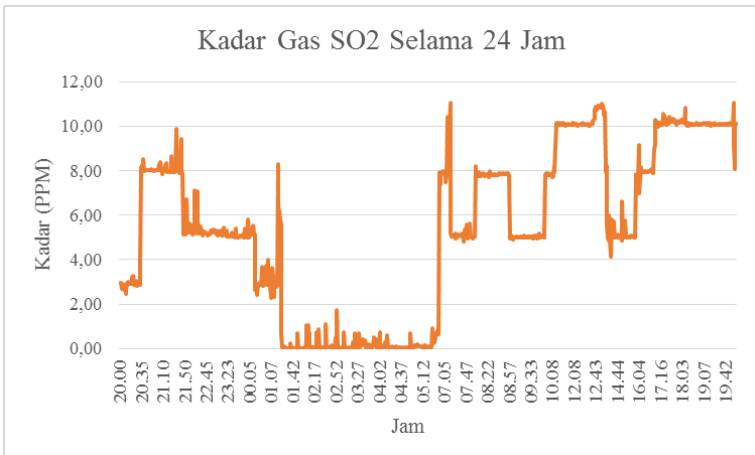
Pengujian ini dilakukan untuk memonitoring kadar gas CO dan SO₂ menggunakan sensor gas elektrokimia selama 24 jam. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, Pengujian monitoring polusi udara di jalan Arif Rahman Hakim pada tanggal 25 juni 2019 bisa di lihat kenaikan kadar gas CO dan SO₂ itu sangat tinggi ketika berada pada jam-jam tertentu. Kenaikan yang paling signifikan itu terlihat pada jam 07.00-08.00 dimana kadar gas CO dan SO₂ yang terukur sebesar 39,54 ppm dan 10,35 ppm. Rentang waktu tersebut merupakan waktu aktifitas dari masyarakat untuk memulai melaksanakan rutinitas sehari-hari, dimana rutinitas tersebut seperti berangkat ke kantor, ke sekolah dan lain lain sebagainya. Kemudian kenaikan kadar gas CO dan SO₂ juga terlihat pada jam 17.00-18.00 dimana kadar gas CO dan SO₂ yang terukur sebesar 39,72 ppm dan 10,38 ppm. Rentang waktu tersebut merupakan waktu aktifitas dari masyarakat untuk mengakhiri aktifitas sehari-hari seperti pulang dari kantor, pulang dari sekolah dan lain sebagainya seperti yang terlihat pada tabel 4.6 dan grafik kadar gas CO dan SO₂ yang terukur selama 24 jam seperti pada gambar 4.33, 4.34, dan 4.35.

Tabel 4.6 Rata-rata kadar gas CO dan SO₂ selama 24 jam

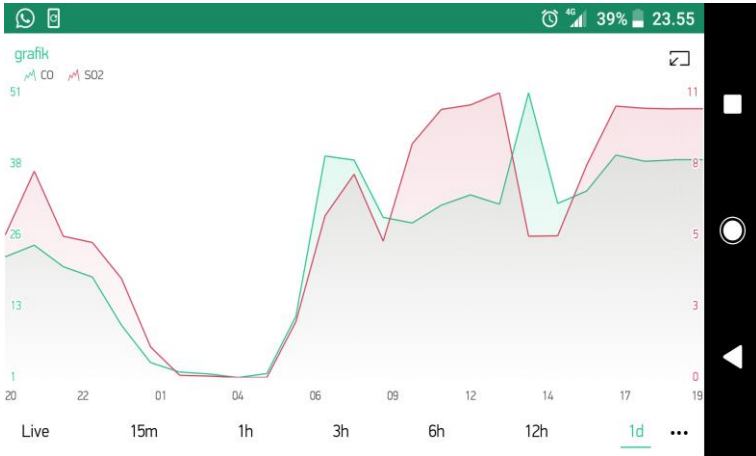
Jam	Kadar CO (PPM)	Kadar SO ₂ (PPM)
20.00 – 21.00	22,03	5,07
22.00 – 23.00	20,31	5,40
00.00 – 01.00	9,85	3,77
02.00 – 03.00	1,77	0,19
04.00 – 05.00	0,81	0,10
05.00 - 06.00	2,11	0,40
07.00 - 08.00	39,54	10,35
09.00 - 10.00	28,84	7,27
11.00 - 12.00	31,04	8,08
13.00 - 14.00	30,43	8,20
15.00 - 16.00	31,50	8,26
17.00 - 18.00	39,72	10,38



Gambar 4.33 Grafik kadar gas CO selama 24 jam



Gambar 4.34 Grafik kadar gas SO₂ selama 24 jam



Gambar 4.35 Grafik pada aplikasi Blynk selama 24 jam

4.4.3 Pengujian Pada Hari Ketiga

Pengujian ini dilakukan untuk memonitoring kadar gas CO dengan menggunakan sensor gas elektrokimia dan CO meter. Pengujian ini dilakukan di jalan Kertajaya pada tanggal 3 Juli 2019 jam 9.00 WIB. Pengujian dilakukan selama 15 menit seperti pada gambar 4.36 dan 4.37.



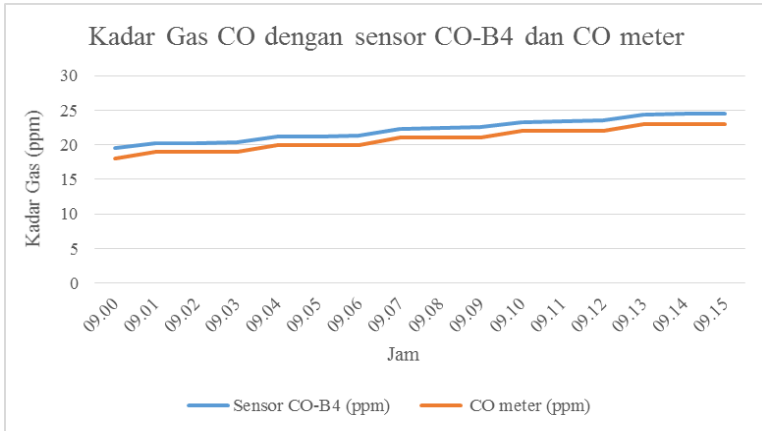
Gambar 4.36 Pegujian di jalan Kertajaya



Gambar 4.37 Pengujian dengan CO meter di jalan Kertajaya

Tabel 4.7 Pengujian kadar gas CO dengan sensor elektrokimia dan CO meter

Jam	Sensor CO-B4 (ppm)	CO meter (ppm)
09.00	19,56	18
09.01	20,20	19
09.02	20,27	19
09.03	20,36	19
09.04	21,19	20
09.05	21,24	20
09.06	21,30	20
09.07	22,32	21
09.08	22,44	21
09.09	22,63	21
09.10	23,28	22
09.11	23,46	22
09.12	23,53	22
09.13	24,37	23
09.14	24,48	23
09.15	24,55	23



Gambar 4.38 Grafik kadar gas CO dengan sensor CO-B4 dan CO meter

Berdasarkan Pengujian yang telah dilakukan bisa dilihat bahwa rata-rata kadar gas CO dengan menggunakan sensor gas elektrokimia sebesar 22,19 ppm sedangkan rata-rata kadar gas CO dengan menggunakan CO meter sebesar 20,81 ppm. Hal ini bisa kita lihat pada tabel 4.7, dimana setiap pengukuran dengan menggunakan sensor gas elektrokimia dan CO meter memiliki selisih sekitar 1 ppm. Sensor gas elektrokimia memiliki keunggulan dari segi respon sensor terhadap gas yang dideteksi, dimana sensor gas elektrokimia memiliki respon sebesar 10 – 25 detik untuk mendeteksi gas, sedangkan CO meter memiliki respon sebesar 60 detik untuk mendeteksi gas.

#halaman ini sengaja dikosongkan#

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kenaikan kadar gas CO dan SO₂ itu sangat tinggi ketika berada pada jam-jam tertentu. Kenaikan yang paling signifikan itu terlihat pada jam 07.00-08.00 dimana kadar gas CO dan SO₂ yang terukur sebesar 39,54 ppm dan 10,35 ppm. Rentang waktu tersebut merupakan waktu aktifitas dari masyarakat untuk memulai melaksanakan rutinitas sehari-hari, dimana rutinitas tersebut seperti berangkat ke kantor, ke sekolah dan lain lain sebagainya. Kemudian kenaikan kadar gas CO dan SO₂ juga terlihat pada jam 17.00-18.00 dimana kadar gas CO dan SO₂ yang terukur sebesar 39,72 ppm dan 10,38 ppm. Rentang waktu tersebut merupakan waktu aktifitas dari masyarakat untuk mengakhiri aktifitas sehari-hari seperti pulang dari kantor, pulang dari sekolah dan lain sebagainya. Selain itu sensor gas elektrokimia memiliki keunggulan dari segi respon sensor terhadap gas yang dideteksi, dimana sensor gas elektrokimia memiliki respon sebesar 10 – 25 detik untuk mendeteksi gas, sedangkan CO meter memiliki respon sebesar 60 detik untuk mendeteksi gas.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya, diharapkan dapat ditambah dengan beberapa sensor gas elektrokimia yang lainnya, sehingga sistem monitoring polusi udara ini bisa mendeteksi gas yang ada disekitar jalan raya selain dari gas CO dan gas SO₂.

#halaman ini sengaja dikosongkan#

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Malmberg L P, Pelkonen A S, Haahtela T and Turpeinen M, “Exhaled nitric oxide rather than lung function distinguishes preschool children with probable asthma Thorax”, 2003.
- [2] Gajd’ocsy R and Horv’ath I, “Exhaled carbon monoxide in airway diseases”, 2010.
- [3] Joanne H Shorter, David D Nelson, J Barry McManus, Mark S Zahniser, Susan R Sama, Donald K Milton, “Clinical Study Of Breath Biomarkers of Asthma and COPD (NO, CO₂, CO dan N₂O) by Infrared Laser Spectroscopy”, pp. 12, USA, July 2011.
- [4] Igor Cretescu, Doina Lutic, Liliana Rosemarie Manea “Electrochemical Sensors for Monitoring of Indoor and Outdoor Air Pollution”, Mei 2017.
- [5] Membrapor, “Electrochemical Gas Sensors” <URL: <http://www.membrapor.ch/electrochemical-gas-sensors> >.
- [6] Intlsensor, “Electrochemical Sensors” <URL: <http://www.intlsensor.com/pdf/electrochemical.pdf>>.
- [7] R. Singh, A. Gehlot, B. Singh, dan S. Choudhury, “*Arduino-Based Embedded Systems Interfacing, Simulation, and Labview GUI*”, CRC Press, 2018.
- [8] A.D.S. Gaviola, M. Rivai, H. Kusuma, “Audio Beam Steering With Phased Array Method Using Arduino Due Microcontroller”, ICOIACT 2018, hlm. 597–600, 2018.
- [9] Mostefa Kermadi, El Madjid Berkouk, Ali Benachour, “Design of Discrete PI-based Current Controller for Reversible Buck Boost Converter. Digital Implementation using Arduino Due board”, Algeria, 2016.
- [10] Dario De Santis, Domenico Aldo Giampetruzzi, Gaetano Abbatantuono, Massimo La Scala. “Smart Metering for Low Voltage Electrical Distribution System using Arduino Due”, Italy, Juni 2016.
- [11] Juana Fernández, Walter Gemin, Raúl Rivera, Miguel Revuelta, Melisa Kuzman, Roberto Hidalgo, “Digital Filter Design With Arduino DUE and Matlab”, Argentina, 2015.
- [12] Shin-Chi Lai, Te-Hsuan Hung, Siang-Ling Lu, Chia-Chun Tsai, Chung-Hon Lee, “Thumb-Based ECG Signal Acquisition System with Digital Signal Processing Algorithms”, 2016.

- [13] Graynomad, "Due Pinout Diagram" <URL: <https://forum.arduino.cc/index.php?topic=132130.0>>, 2013.
- [14] Schafer dan Buck, "Discrete-Time Signal Processing in RF Application, Lecture handout : Digital Signal Processing", Paul Scherrer Institute, Villigen, Swiss, 2007.
- [15] Stanley Setiawan, "Studi Eksperimental Fuzzy FES Control untuk Pergerakan Knee Joint", Tugas Akhir. 2016.
- [16] AzoSensor, "How to Design Electronic Sensors Incorporating Electrochemical Gas Sensors" <URL: <https://www.azosensors.com/article.aspx?ArticleID=543>>, Oktober 2014.
- [17] Handi Rahmannuri, Muhammad Rivai, Tri Arief Sardjono, "Design of Digital Lock-In Amplifier for Low Concentration Gas Detection", 2017.
- [18] F. Rizki dan M. Rivai, "*Autonomous Surface Vehicle sebagai Alat Pemantau Lingkungan Menggunakan Metode Navigasi Waypoint*", Jurnal Teknik ITS, 2018.

LAMPIRAN A

Main Program

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_ADS1015.h>
#include <TinyGPS++.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
Adafruit_ADS1115 ads(0x48); // SDA = D2, SCL =D1
static const int RXPin = 2, TXPin = 0; // GPIO 2=D4(connect Tx of
GPS) and GPIO 0=D3(Connect Rx of GPS
static const uint32_t GPSBaud = 9600; //if Baud rate 9600 didn't work
in your case then use 4800
TinyGPSPlus gps; // The TinyGPS++ object
WidgetMap myMap(V0); // V0 for virtual pin of Map Widget
SoftwareSerial ss(RXPin, TXPin); // The serial connection to the GPS
device
BlynkTimer timer;
float spd; //Variable to store the speed
float sats; //Variable to store no. of satellites response
String bearing; //Variable to store orientation or direction of GPS
char auth[] = "1baa7c45b1a7421bb79eb86d931ccf08"; //Your
Project authentication key
char ssid[] = "Andromax-M3Z-0CDD"; // Name
of your network (HotSpot or Router name)
char pass[] = "sawahlunto2015"; //
Corresponding Password
//unsigned int move_index; // moving index, to be used later
unsigned int move_index = 1; // fixed location for now
void setup()
{
  Wire.begin(D2, D1);
  Serial.begin(115200);
  Serial.println();
  Serial.println("Getting single-ended readings from AIN0..3");
```

```

Serial.println("ADC Range: +/- 6.144V (1 bit = 3mV/ADS1015,
0.1875mV/ADS1115)");
Blynk.begin(auth, ssid, pass);
timer.setInterval(5000L, checkGPS); // every 5s check if GPS is
connected, only really needs to be done once
// ads.setGain(GAIN_TWOTHIRDS); // 2/3x gain +/- 6.144V 1 bit =
3mV 0.1875mV (default)
ads.setGain(GAIN_ONE); // 1x gain +/- 4.096V 1 bit = 2mV
0.125mV
// ads.setGain(GAIN_TWO); // 2x gain +/- 2.048V 1 bit = 1mV
0.0625mV
// ads.setGain(GAIN_FOUR); // 4x gain +/- 1.024V 1 bit =
0.5mV 0.03125mV
// ads.setGain(GAIN_EIGHT); // 8x gain +/- 0.512V 1 bit =
0.25mV 0.015625mV
// ads.setGain(GAIN_SIXTEEN); // 16x gain +/- 0.256V 1 bit =
0.125mV 0.0078125mV

ads.begin();
}
void checkGPS(){
if (gps.charsProcessed() < 10)
{
Serial.println(F("No GPS detected: check wiring."));
Blynk.virtualWrite(V4, "GPS ERROR"); // Value Display widget
on V4 if GPS not detected
}
}

void loop()
{
while (ss.available() > 0)
{
// sketch displays information every time a new sentence is correctly
encoded.
if (gps.encode(ss.read()))
displayInfo();
}
Blynk.run();
}

```

```

ss.begin(GPSBaud);

timer.run();
}

void displayInfo()
{
  if (gps.location.isValid() )
  {
    int16_t adc0, adc1, adc2, adc3;

    adc0 = ads.readADC_SingleEnded(0);
    adc1 = ads.readADC_SingleEnded(1);
    adc2 = ads.readADC_SingleEnded(2);
    adc3 = ads.readADC_SingleEnded(3);
    float a = (adc0 * 0.125)/1000;
    float b = (adc1 * 0.125)/1000;
    float c = (adc2 * 0.125)/1000;
    float d = (adc3 * 0.125)/1000;
    float CO = abs((a - c) / 0.00535);
    float SO2 = abs((b - d) / 0.00390);

    Blynk.virtualWrite(V6, CO);
    Blynk.virtualWrite(V7, SO2);

    float latitude = (gps.location.lat()); //Storing the Lat. and Lon.
    float longitude = (gps.location.lng());
    //Serial.print("LAT: ");
    //Serial.println(latitude, 6); // float to x decimal places
    //Serial.print("LONG: ");
    //Serial.println(longitude, 6);
    //Serial.print("AIN0: "); Serial.println(a);
    //Serial.print("AIN1: "); Serial.println(b);
    //Serial.print("AIN2: "); Serial.println(c);
    //Serial.print("AIN3: "); Serial.println(d);
    Serial.print("CO: "); Serial.println(CO);
    Serial.print("SO2: "); Serial.println(SO2);
    Serial.println(" ");
  }
}

```

```
Blynk.virtualWrite(V1, String(latitude, 6));
Blynk.virtualWrite(V2, String(longitude, 6));
myMap.location(move_index, latitude, longitude, "GPS_Location");

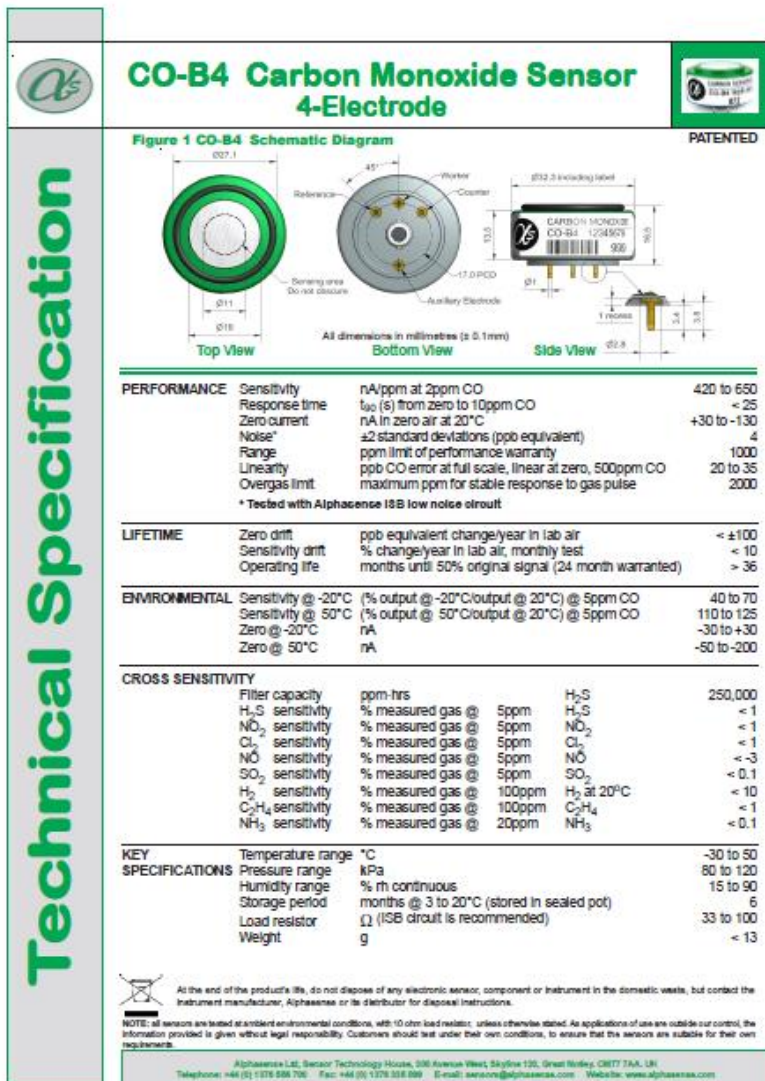
spd = gps.speed.kmph();           //get speed
Blynk.virtualWrite(V3, spd);

sats = gps.satellites.value();    //get number of satellites
Blynk.virtualWrite(V4, sats);

bearing = TinyGPSPlus::cardinal(gps.course.value()); // get the
direction
  Blynk.virtualWrite(V5, bearing);
}
Serial.println();
}
```


LAMPIRAN B

Datasheet Sensor CO-B4





CO-B4 Performance Data

Technical Specification

Figure 2 Sensitivity Temperature Dependence

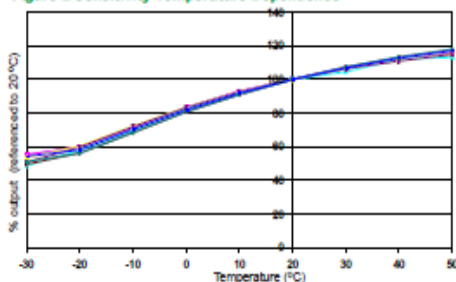


Figure 2 shows the temperature dependence of sensitivity at 2ppm CO.

This data is taken from a typical batch of sensors.

Figure 3 Zero Current Temperature Dependence (corrected)

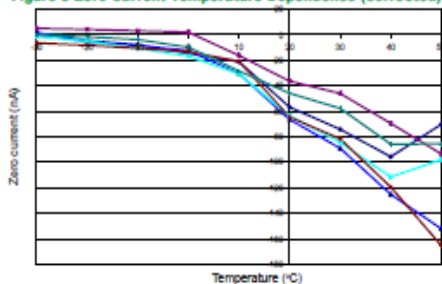


Figure 3 shows the variation in zero output of the working electrode caused by changes in temperature, expressed as nA.

This data is taken from a typical batch of sensors.

Contact AlphaSense for further information on zero current correction.

Figure 4 Response to 0 to 1ppm CO

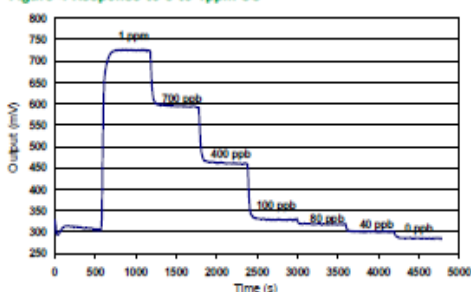


Figure 4 shows response from 0 to 1ppm CO.

Use of AlphaSense ISB circuit reduces noise to 4ppb, with the opportunity of digital smoothing to reduce noise even further

For further information on the performance of this sensor, on other sensors in the range or any other subject, please contact AlphaSense Ltd. For Application Notes visit "www.alpha-sense.com".

In the interest of continued product improvement, we reserve the right to change design features and specifications without prior notification. The data contained in this document is for guidance only. AlphaSense Ltd accepts no liability for any consequential losses, injury or damage resulting from the use of this document or the information contained within. (ALPHA-SENSE LTD) Doc. Ref. CO-B4APP15

Datasheet Sensor SO₂-BF

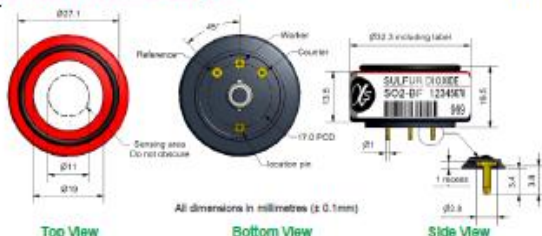


SO₂-BF Sulfur Dioxide Sensor



PATENTED

Figure 1 SO₂-BF Schematic Diagram



PERFORMANCE	Sensitivity	nA/ppm in 20ppm SO ₂	300 to 480
	Response time	t ₉₀ (s) from zero to 20ppm SO ₂	< 40
	Zero current	ppm equivalent in zero air	< ± 0.5
	Resolution	RMS noise (ppm equivalent)	< 0.1
	Range	ppm limit of performance warranty	100
	Linearity	ppm error at full scale, linear at zero and 20ppm SO ₂	< ± 2
	Overgas limit	maximum ppm for stable response to gas pulse	1000
LIFETIME	Zero drift	ppm equivalent change/year in lab air	< 0.1
	Sensitivity drift	% change/year in lab air, monthly test	< 4
	Operating life	months until 80% original signal (24 month warranted)	> 24
ENVIRONMENTAL	Sensitivity @ -20°C	% (output @ -20°C/output @ 20°C) @ 20ppm	78 to 90
	Sensitivity @ 50°C	% (output @ 50°C/output @ 20°C) @ 20ppm	100 to 120
	Zero @ -20°C	ppm equivalent change from 20°C	< 0 to 1
	Zero @ 50°C	ppm equivalent change from 20°C	< 0 to 2
CROSS SENSITIVITY	Filter capacity	ppm-hrs	450
	H ₂ S sensitivity	% measured gas @ 20ppm	< 2
	NO ₂ sensitivity	% measured gas @ 10ppm	< -120
	Cl ₂ sensitivity	% measured gas @ 10ppm	< -50
	NO sensitivity	% measured gas @ 50ppm	< -10
	CO sensitivity	% measured gas @ 400ppm	< 1.5
	H ₂ sensitivity	% measured gas @ 400ppm	< 0.5
	C ₂ H ₄ sensitivity	% measured gas @ 400ppm	< 50
	NH ₃ sensitivity	% measured gas @ 20ppm	< 0.1
KEY SPECIFICATIONS	Temperature range	°C	-30 to 50
	Pressure range	kPa	80 to 120
	Humidity range	% rh continuous (see note below)	15 to 90
	Storage period	months @ 3 to 20°C (stored in sealed pot)	6
	Load Resistor	Ω (recommended)	10 to 47
	Weight	g	< 1.3

Note: Above 80% rh and 40°C a maximum continuous exposure period of 10 days is warranted. Where such exposure occurs the sensor will recover normal electrolyte volumes when allowed to rest at lower % rh and temperature levels for several days.

At the end of the product's life, do not dispose of any electronic sensor, component or instrument in the domestic waste, but contact the instrument manufacturer, AlphaSense or its distributor for disposal instructions.

NOTE: All sensors tested and stored at ambient environments unless otherwise stated. As applications of use are outside our control, the information provided is given without legal responsibility. Customers should test under their own conditions, to ensure that the sensors are suitable for their own requirements.

AlphaSense Ltd, Sensor Technology House, 300 Avenue West, Skyline 120, Great Nibley, OX87 7AA, UK
Telephone: +44 (0) 1279 886 756 Fax: +44 (0) 1279 338 999 E-mail: sensors@alphasense.com Website: www.alphasense.com

Technical Specification



SO2-BF Performance Data

Technical Specification

Figure 2 Sensitivity Temperature Dependence

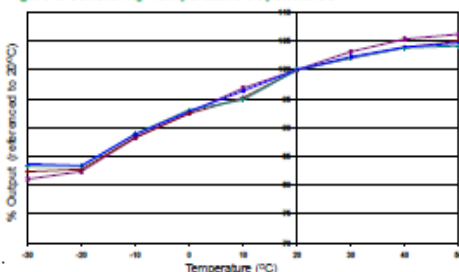


Figure 2 shows the variation in sensitivity caused by changes in temperature.

This data is taken from a typical batch of sensors.

Figure 3 Zero Temperature Dependence

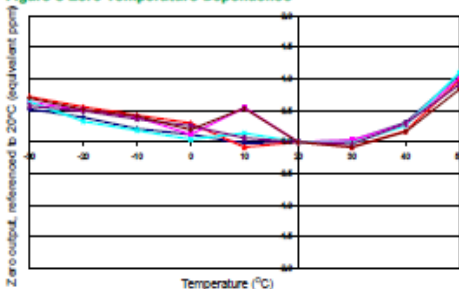


Figure 3 shows the variation in zero output caused by changes in temperature, expressed as ppm gas equivalent, referenced to zero at 20°C.

This data is taken from a typical batch of sensors.

Figure 4 Response to 1,000 ppm SO₂

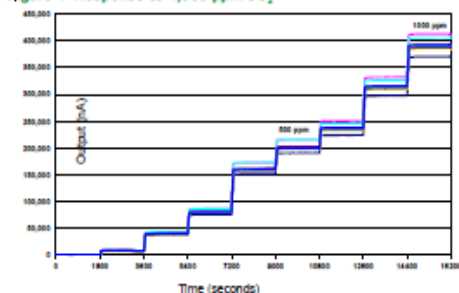


Figure 4 shows the response of the SO2-BF up to 1,000ppm SO₂.

This data is taken from a typical batch of sensors.

The output remains linear and stable up to 1,000ppm SO₂. Sensors recover from overgas without change to their performance.

For further information on the performance of this sensor, on other sensors in the range or any other subject, please contact AlphaSense Ltd. For application notes visit "www.alpha-sense.com".

In the interest of continued product improvement, we reserve the right to change design features and specifications without prior notification. The data contained in this document is for guidance only. AlphaSense Ltd accepts no liability for any consequential losses, injury or damage resulting from the use of this document or the information contained within (AlphaSense Ltd) (Doc. Ref. 1000019212)

Datasheet IC TLC2272

TLC227x, TLC227xA Advanced LinCMOS™ RAIL-TO-RAIL OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS190G – FEBRUARY 1997 – REVISED MAY 2004

- Output Swing Includes Both Supply Rails
- Low Noise ... 9 nV/√Hz Typ at $f = 1$ kHz
- Low Input Bias Current ... 1 pA Typ
- Fully Specified for Both Single-Supply and Split-Supply Operation
- Common-Mode Input Voltage Range Includes Negative Rail
- High-Gain Bandwidth ... 2.2 MHz Typ
- High Slew Rate ... 3.6 V/μs Typ
- Low Input Offset Voltage
950 μV Max at $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Macromodel Included
- Performance Upgrades for the TS272, TS274, TLC272, and TLC274
- Available in Q-Temp Automotive HighRel Automotive Applications Configuration Control / Print Support Qualification to Automotive Standards

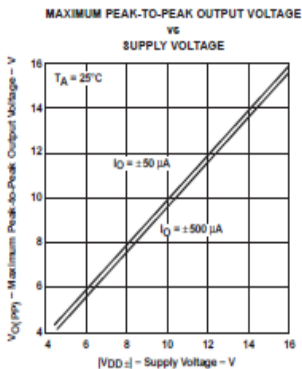
description

The TLC2272 and TLC2274 are dual and quad operational amplifiers from Texas Instruments. Both devices exhibit rail-to-rail output performance for increased dynamic range in single- or split-supply applications. The TLC227x family offers 2 MHz of bandwidth and 3 V/μs of slew rate for higher speed applications. These devices offer comparable ac performance while having better noise, input offset voltage, and power dissipation than existing CMOS operational amplifiers. The TLC227x has a noise voltage of 9 nV/√Hz, two times lower than competitive solutions.

The TLC227x, exhibiting high input impedance and low noise, is excellent for small-signal conditioning for high-impedance sources, such as piezoelectric transducers. Because of the micro-power dissipation levels, these devices work well in hand-held monitoring and remote-sensing applications. In addition, the rail-to-rail output feature, with single- or split-supplies, makes this family a great choice when interfacing with analog-to-digital converters (ADCs). For precision applications, the TLC227xA family is available with a maximum input offset voltage of 950 μV. This family is fully characterized at 5 V and ±5 V.

The TLC2272/4 also makes great upgrades to the TLC272/4 or TS272/4 in standard designs. They offer increased output dynamic range, lower noise voltage, and lower input offset voltage. This enhanced feature set allows them to be used in a wider range of applications. For applications that require higher output drive and wider input voltage range, see the TLV2432 and TLV2442 devices.

If the design requires single amplifiers, see the TLV2211/21/31 family. These devices are single rail-to-rail operational amplifiers in the SOT-23 package. Their small size and low power consumption, make them ideal for high density, battery-powered equipment.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

Advanced LinCMOS is a trademark of Texas Instruments.

©2004 Texas Instruments Incorporated. All rights reserved. This document is the property of Texas Instruments. It is provided for your use only. It is not to be distributed, copied, or reproduced in any form without the prior written permission of Texas Instruments. For more information, contact your local sales office or visit our website at www.ti.com.

TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 988363 • DALLAS, TEXAS 75298

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated. Copyright is reserved by TI. All other trademarks are the property of their respective owners. All other trademarks are the property of their respective owners.

TLC227x, TLC227xA
Advanced LinCMOS™ RAIL-TO-RAIL

OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLD0190G - FEBRUARY 1997 - REVISED MAY 2004

TLC2272 AVAILABLE OPTIONS

TA	V _{IO} max At 25°C	PACKAGED DEVICES					
		SMALL OUTLINE [†] (D)	CERAMIC LCC (FK)	CERAMIC DIP (JG)	PLASTIC DIP (P)	TSSOP [‡] (PW)	CERAMIC FLAT PACK (U)
0°C to 70°C	950 µV 2.5 mV	TLC2272ACD	—	—	TLC2272ACP	TLC2272ACPW	—
		TLC2272CD	—	—	TLC2272CP	TLC2272CPW	—
-40°C to 125°C	950 µV 2.5 mV	TLC2272AD	—	—	TLC2272AIP	—	—
		TLC2272D	—	—	TLC2272IP	TLC2272IPW	—
-55°C to 125°C	950 µV 2.5 mV	TLC2272AGD	—	—	—	TLC2272AGPW	—
		TLC2272GD	—	—	—	TLC2272QPW	—
-55°C to 125°C	950 µV 2.5 mV	TLC2272AMD	TLC2272AMFK	TLC2272AMJG	TLC2272AMP	—	TLC2272AMU
		TLC2272MD	TLC2272MFK	TLC2272MJG	TLC2272MP	—	TLC2272MU

[†]The D packages are available taped and reeled. Add R suffix to the device type (e.g., TLC2272CDR).

[‡]The PW package is available taped and reeled. Add R suffix to the device type (e.g., TLC2272PWR).

[§]Chips are tested at 25°C.

TLC2274 AVAILABLE OPTIONS

TA	V _{IO} max At 25°C	PACKAGED DEVICES					
		SMALL OUTLINE [†] (D)	CERAMIC LCC (FK)	CERAMIC DIP (J)	PLASTIC DIP (N)	TSSOP [‡] (PW)	CERAMIC FLAT PACK (W)
0°C to 70°C	950 µV 2.5 mV	TLC2274ACD	—	—	TLC2274ACN	TLC2274ACPW	—
		TLC2274CD	—	—	TLC2274CN	TLC2274CPW	—
-40°C to 125°C	950 µV 2.5 mV	TLC2274AD	—	—	TLC2274AN	TLC2274APW	—
		TLC2274D	—	—	TLC2274N	TLC2274PW	—
-55°C to 125°C	950 µV 2.5 mV	TLC2274AGD	—	—	—	—	—
		TLC2274GD	—	—	—	—	—
-55°C to 125°C	950 µV 2.5 mV	TLC2274AMD	TLC2274AMFK	TLC2274AMJ	TLC2274AMN	—	TLC2274AMW
		TLC2274MD	TLC2274MFK	TLC2274MJ	TLC2274MN	—	TLC2274MW

[†]The D packages are available taped and reeled. Add R suffix to device type (e.g., TLC2274CDR).

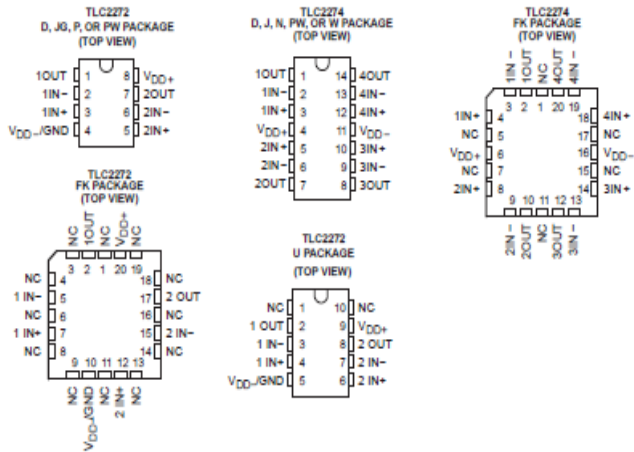
[‡]The PW package is available taped and reeled.

[§]Chips are tested at 25°C.



POST OFFICE BOX 66303 • DALLAS, TEXAS 75266

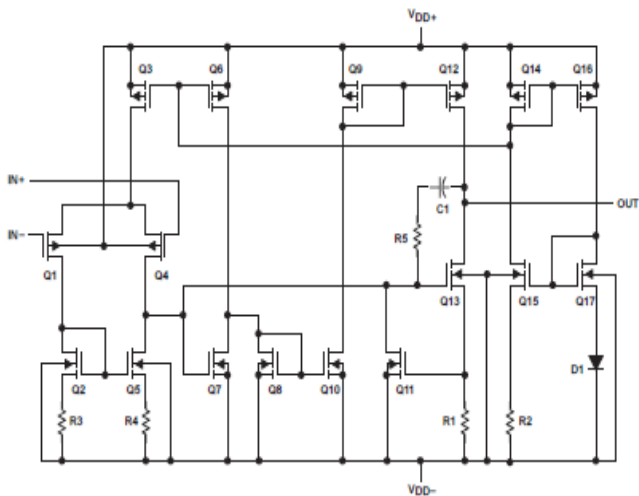
TLC227x, TLC227xA
Advanced LinCMOS™ RAIL-TO-RAIL
OPERATIONAL AMPLIFIERS
SLOS190G – FEBRUARY 1997 – REVISED MAY 2004



NC – No internal connection

TLC227x, TLC227xA
Advanced LinCMOS™ RAIL-TO-RAIL
OPERATIONAL AMPLIFIERS
SLO1810C - FEBRUARY 1997 - REVISED MAY 2004

equivalent schematic (each amplifier)



ACTUAL DEVICE COMPONENT COUNT		
COMPONENT	TLC2272	TLC2274
Transistors	38	76
Resistors	25	52
Diodes	0	18
Capacitors	3	6

† Includes both amplifiers and all ESD, bias, and trim circuitry

TLC227x, TLC227xA
Advanced LinCMOS™ RAIL-TO-RAIL
OPERATIONAL AMPLIFIERS
SLOS100X – FEBRUARY 1997 – REVISED MAY 2004

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V_{DD+} (see Note 1)	8 V
Supply voltage, V_{DD-} (see Note 1)	-8 V
Differential input voltage, V_{ID} (see Note 2)	± 16 V
Input voltage range, V_I (any input, see Note 1)	$V_{DD-} - 0.3$ V to V_{DD+}
Input current, I_I (any input)	± 5 mA
Output current, I_O	± 50 mA
Total current into V_{DD+}	± 50 mA
Total current out of V_{DD-}	± 50 mA
Duration of short-circuit current at (or below) 25°C (see Note 3)	unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Notes 4 and 5):	
D package (8 pin)	97.1°C/W
D package (14 pin)	86.2°C/W
N package	79.7°C/W
P package	84.6°C/W
PW package (8 pin)	149°C/W
PW package (14 pin)	113°C/W
Package thermal impedance, θ_{JC} (see Notes 4 and 5):	
FK package	5.6°C/W
J package	15.1°C/W
U package	14.7°C/W
Operating free-air temperature range, T_A :	
C suffix	0°C to 70°C
I, Q suffix	-40°C to 125°C
M suffix	-55°C to 125°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds: D, N, P or PW package	260°C
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 60 seconds: J or U package	300°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES:
- All voltage values, except differential voltages, are with respect to the midpoint between V_{DD+} and V_{DD-} .
 - Differential voltages are at I_N^+ with respect to I_N^- . Excessive current will flow if input is brought below $V_{DD-} - 0.3$ V.
 - The output may be shorted to either supply. Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure that the maximum dissipation rating is not exceeded.
 - Maximum power dissipation is a function of $T_J(\max)$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any ambient temperature is $P_D = (T_J(\max) - T_A) / \theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.
 - The package thermal impedance is calculated in accordance with JEDEC 51-7 (plastic) or MIL-STD-883 Method 1012 (ceramic).

recommended operating conditions

	C SUFFIX		I SUFFIX		Q SUFFIX		M SUFFIX		UNIT
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
Supply voltage, V_{DD+}	± 2.2	± 8	± 2.2	± 8	± 2.2	± 8	± 2.2	± 8	V
Input voltage, V_I	$V_{DD-} - V_{DD+} - 1.5$	$V_{DD-} - V_{DD+} - 1.5$	$V_{DD-} - V_{DD+} - 1.5$	$V_{DD-} - V_{DD+} - 1.5$	$V_{DD-} - V_{DD+} - 1.5$	$V_{DD-} - V_{DD+} - 1.5$	$V_{DD-} - V_{DD+} - 1.5$	$V_{DD-} - V_{DD+} - 1.5$	V
Common-mode input voltage, V_{IC}	$V_{DD-} - V_{DD+} - 1.5$	$V_{DD-} - V_{DD+} - 1.5$	$V_{DD-} - V_{DD+} - 1.5$	$V_{DD-} - V_{DD+} - 1.5$	$V_{DD-} - V_{DD+} - 1.5$	$V_{DD-} - V_{DD+} - 1.5$	$V_{DD-} - V_{DD+} - 1.5$	$V_{DD-} - V_{DD+} - 1.5$	V
Operating free-air temperature, T_A	0	70	-40	125	-40	125	-55	125	°C

#halaman ini sengaja dikosongkan#

RIWAYAT PENULIS



Muhammad Rohfadli adalah nama lengkap dari penulis. Penulis adalah anak pertama. Dilahirkan pada tanggal 1 Juni 1995 di kota Solok, Sumatera Barat. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 10 Tanah Lapang kota Sawahlunto (lulus tahun 2007), kemudian menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Kota Sawahlunto (lulus tahun 2010), setelah itu melanjutkan pendidikannya di SMAN 1 kota Sawahlunto jurusan IPA (lulus tahun 2013).

Penulis kemudian melanjutkan pendidikannya ke jenjang perkuliahan di jurusan Teknik Elektro Bidang Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Padang (lulus tahun 2016). Kemudian Penulis berkesempatan melanjutkan pendidikan ke jenjang Sarjana di Departemen Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dengan bidang studi Elektronika. Selama menjalani dunia perkuliahan cukup aktif dalam berbagai kegiatan, baik di dalam maupun diluar kampus, seperti menjadi sekretaris Pimpinan Daerah Pemuda Muhammadiyah Kota Sawahlunto.

Email : rohfadli1234@gmail.com