

# Rancang Bangun Sistem Pemantauan dan Pengendali Kualitas Udara Pada Aplikasi Welding Habitat Proses Welding Pipeline Sistem Dengan Data Logger

Ahmad Daerobi <sup>1</sup>, Abdul Multi <sup>2</sup>, dan Masbah R.T Siregar <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Magister Teknik Elektro Fakultas Pascasarjana  
Institut Sains dan Teknologi Nasional

Jl. Moh. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640, Indonesia

\*Corresponding author. Email: [robi\\_fedora@yahoo.com](mailto:robi_fedora@yahoo.com) <sup>1</sup>, [amulti@istn.ac.id](mailto:amulti@istn.ac.id) <sup>2</sup>,  
[mrtsiregar2012@istn.ac.id](mailto:mrtsiregar2012@istn.ac.id) <sup>3</sup>

## Abstract

*Air Quality Monitoring and Control System is a method of monitoring and controlling air quality in an area or place where air contamination may occur in an activity or work. In this case, the Air Quality Monitoring and Control System is applied to the welding habitat or the welding house in the system pipe welding process. At this time, the welding habitat in the welding pipe pipeline system with the shielding gas process has not been monitored and controlled for air quality during the welding process, this condition causes the welder in the welding habitat to become uncomfortable which can affect the quality of the welding and endanger the welder's health. For this reason, an air quality monitoring and control system is needed that can unite and control the air quality in the welding habitat during the welding process. The purpose of the design of this Air Quality Monitoring and Control System is to make the welding process in the welding habitat of the system pipe welding process more comfortable and safer for the welder's health. So that the welder can concentrate fully on the welding process and produce good and quality welding production. With the application of this system, it can provide a level of weld repair that can reduce welding repair costs incurred by the Company.*

**Keywords:** Air Quality; Data Logger; ESP32; ISPU (Air Pollution Standards Index); Sensors

## Abstrak

Sistem Pemantauan dan Pengendalian Kualitas Udara adalah suatu cara pemantauan dan pengendalian kualitas udara pada suatu area atau tempat yang berpotensi terdapatnya kontaminasi udara dikarenakan suatu kegiatan atau suatu pekerjaan. Sistem Pemantauan dan Pengendalian Kualitas Udara dalam hal ini, diaplikasikan pada *welding habitat* atau rumah pengelasan pada proses pengelasan pipa *pipeline* sistem. Pada saat ini, *welding habitat* pada welding pipa *pipeline* sistem dengan proses *shielding gas* belum dipantau dan dikendalikan kualitas udara selama proses pengelasan, kondisi ini berakibat welder yang berada dalam *welding habitat* menjadi tidak nyaman yang dapat mempengaruhi hasil kualitas welding dan membahayakan bagi kesehatan *welder*. Untuk itu diperlukan suatu sistem pemantauan dan pengendalian kualitas udara yang dapat memantau dan mengontrol kualitas udara didalam *welding habitat* selama proses pengelasan. Tujuan dari rancang bangun Sistem Pemantauan dan Pengendalian Kualitas Udara ini adalah membuat proses *welding* didalam *welding habitat* pada proses *welding pipeline* sistem lebih nyaman dan aman bagi kesehatan *welder*. Sehingga welder dapat konsentrasi sepenuhnya pada saat proses *welding* dan menghasilkan produksi *welding* yang baik dan berkualitas. Dengan Aplikasi sistem ini dapat memberikan *welding repair rate* yang rendah yang dapat menurunkan biaya *welding repair* yang dikeluarkan oleh Perusahaan.

**Kata kunci:** Data Logger; ESP32; ISPU (Indeks Standar Pencemaran Udara); Kualitas Udara; Sensor

## 1. Pendahuluan

Studi permasalahan yang dihadapi Perusahaan dalam kontrol kualitas produksi welding pada proses welding

Pipeline sistem dengan shielding gas. Pada proyek "*Construction for 52" Onshore Unloading Line of Engineering, Procurement and Construction of Lawe-*

*Lawe Facilities RDMP RU V- Balikpapan*” untuk produksi welding pipa diameter 52 inch Pipeline sistem diperoleh Repair Rate produksi welding sangat tinggi mencapai 34% dari Target atau sasaran 5,5%.

Ini menjadi permasalahan besar sehingga Pemilik memberikan formal letter teguran. Oleh karena itu, Perusahaan membuat team bersama dengan perwakilan dari Client dan konsultan untuk melakukan analisa atau investigasi dengan beberapa konsen investigasi:

- Welding proses, welding proses yang digunakan sudah teruji dan terqualifikasi Migas.
- Welding mesin, welding mesin yang digunakan adalah welding mesin baru berteknologi tinggi dan terkalibrasi.
- Welder, welder sudah diberikan training selama 1,5 bulan dan telah dilakukan pengujian serta terqualifikasi Migas.
- Proteksi welding atau welding habitat, dari wawancara dengan welder, beberapa waktu tirai/terpal dari welding habitat dibuka karena panas, pengab dan banyak asap.

Sehingga ada dua isu mengenai kualitas produksi welding dan kesehatan welder karena asap yang di hasilkan dari peleburan steel pipa, steel pengisi dan gas.

Disisi lain proses welding pada Pipeline dengan *shielding* gas diperlukan proteksi dari udara menggunakan welding habitat pada saat proses welding, namun udara didalam welding habitat akan bercampur asap dari proses peleburan metal pipa, bahan pengisi dan gas *shielding* yang membahayakan dan mengganggu konsentrasi welder. Sehingga pada saat proses welding, udara didalam welding habitat diperlukan monitoring dan pengendalian kualitas udara agar welder nyaman, kosentrasi terkendali, kualitas terjaga dan tetap dalam kondisi sehat.

Dan oleh karena itu pada jurnal ini diajukan sebagai solusi pada masalah tersebut dalam bentuk penelitian dan perancangan sistem untuk monitoring dan mengontrol kondisi udara didalam welding habitat selama proses pengelasan.

Pada penelitian dan perancangan sistem ini mengacu pada data yang didapatkan

dari tiga kombinasi sensor, sensor Air quality untuk mengukur kadar kualitas udara, sensor MQ-135 pengukur gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan sensor MQ-7 pengukur gas karbon monoksida (CO).

Sistem yang dirancang diharapkan dapat mengukur kualitas udara dengan akurasi yang baik, masuk dalam ambang batas standar ISPU (Indeks Standar Pencemar Udara) Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 14 tahun 2020.

## 2. Studi Pustaka

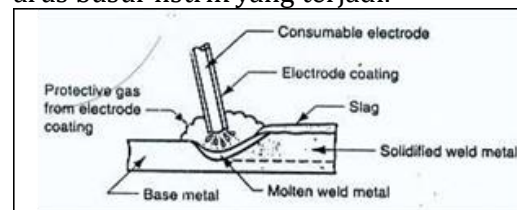
### A. Welding/Pengelasan

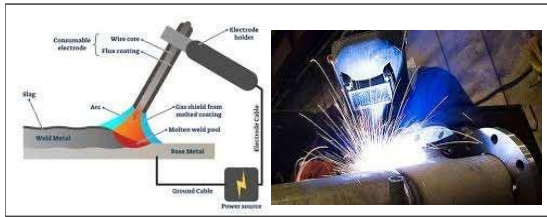
Pengelasan (welding) adalah teknik penyambungan logam, termoplastik, atau semacamnya dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinyu.

Terdapat beberapa pengelasan busur yang menggunakan elektrode terumpun yang untuk pengelasan pipa pada pipeline transmisi gas atau oil, seperti antara lain :

1. Shield Metal Arc Welding (SMAW)

Shield Metal Arc Welding (SMAW) adalah cara pengelasan yang banyak digunakan pada masa ini. Dalam cara pengelasan ini digunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks. Dalam gambar. 4 dapat dilihat dengan jelas bahwa busur listrik terbentuk diantara logam induk dan ujung elektroda. Karena panas dari busur ini maka logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan kemudian membeku bersama. Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa oleh arus busur listrik yang terjadi.

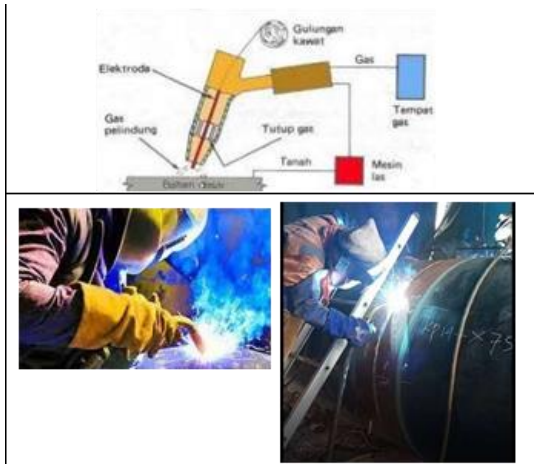




**Gambar 1.** Skema Las SMAW

## 2. Gas Metal Arc Welding

Pada proses GMAW (Gas Metal Arc Welding), elektrodanya adalah kawat menerus dari 1 gulungan yang disalurkan melalui pemegang elektroda (alat yang berbentuk pistol seperti pada gambar. 2). Perlindungan dihasilkan seluruhnya dari gas atau campuran gas yang diberikan dari luar.



**Gambar 2.** Skema Las GMAW

Gas yang digunakan sebagai pelindung diantaranya:

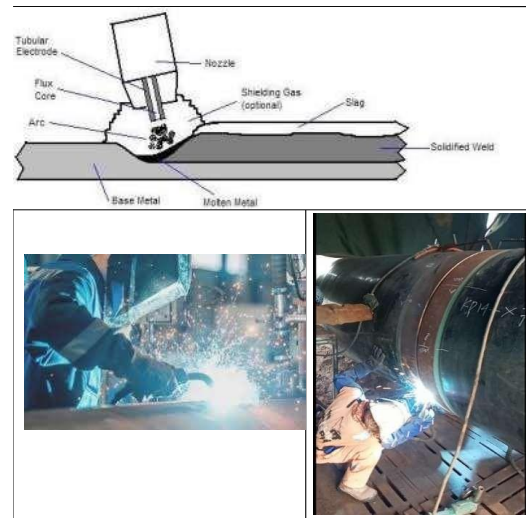
- a. CO<sub>2</sub> (karbon dioksida) 100%
- b. Gas Campuran antara Argon (Ar) dan CO<sub>2</sub> (Ar 75% - 80% dan CO<sub>2</sub> 20%-25%).

Selain melindungi logam yang meleleh dari atmosfer, gas pelindung mempunyai fungsi sebagai berikut :

- a. Mengontrol karakteristik busur nyala dan perindahan logam
- b. Mempengaruhi penetrasi, lebar peleburan, dan bentuk daerah las
- c. Mempengaruhi kecepatan pengelasan
- d. Mengontrol peleburan berlebihan (undercutting). Dengan dapat terkontrolnya proses pengelasan maka hasil pengelasan berkualitas dan bermutu.

## 3. Flux Cored Arc Welding (FCAW)

Pengelasan FCAW adalah Las busur listrik yang kawat lasnya terdapat fluks (pelindung inti tengah). Las FCAW adalah kombinasi antara proses pengelasan GMAW dan SMAW. Dalam pengelasan FCAW ini sumber energi menggunakan arus listrik DC atau AC yang diambil dari pembangkit listrik atau melalui trafo dan atau *rectifier*.



**Gambar 3.** Skema Las FCAW

Proses pengelasan FCAW ini sebenarnya sama dengan pengelasan GMAW, namun membedakan adalah kawat las atau elektrodanya yang berbentuk tubular yang berisi fluks sedangkan GMAW berbentuk Solid (Jones, 2015). Berdasarkan metode pelindung, Pengelasan FCAW dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

- a. *Self shielding* FCAW (Pelindungan sendiri), yaitu merupakan proses melindungi logam las yang mencair dengan menggunakan gas dari hasil penguapan atau reaksi dari inti flux.
- b. *Gas shielding* FCAW (perlindungan gas) adalah perlindungan dengan dual gas, yaitu melindungi logam las yang mencair dengan menggunakan gas sendiri juga ditambah gas pelindung yang berasal dari luar sistem. Dua metode di atas sama-sama menghasilkan terak las yang berasal dari flux dalam kawat las yang berfungsi untuk melindungi logam las saat proses pembekuan. Namun, perbedaan metode di atas terletak pada tambahan sistem

pemasok gas dan welding torch (welding gun) yang digunakan.

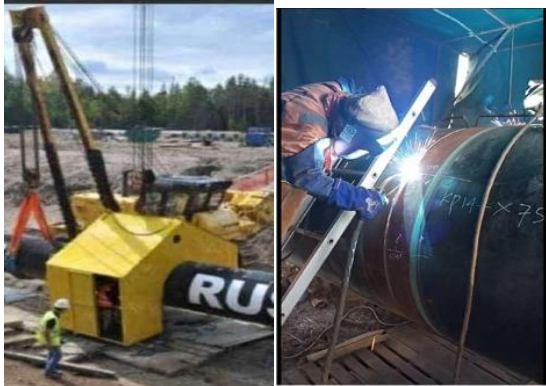
Pengelasan FCAW berdasarkan cara pengoperasiannya dibedakan menjadi 2, yaitu:

- a. Otomatis (machine automatic).
- b. Semi otomatis (semi automatic).

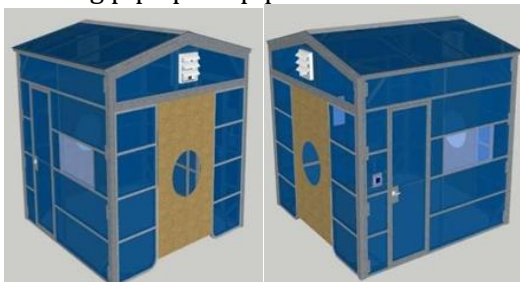
Pengelasan FCAW umumnya menggunakan gas CO<sub>2</sub> atau campuran CO<sub>2</sub> dengan Argon sebagai gas pelindung. Tetapi untuk menghindari logam las terkontaminasi udara luar atau menghindari porosity maka pengelasan harus dilindungi dari udara luar dengan menggunakan *Welding Habitat*.

### B. Welding Habitat

Welding Habitat merupakan tenda untuk sarana pengelasan pipa proyek. Pada proses welding pipeline transmisi pengiriman gas atau oil, Welding Habitat berfungsi untuk memproteksi proses welding terhadap angin yang dapat menyebabkan cacat pada hasil lasan.



Contoh welding habitat pada proses welding pipa pada pipeline sistem



Design welding habitat pada proses welding pipa pada pipeline system

**Gambar 4.** Welding Habitat

### C. Sensor quality

Berfungsi untuk pengukuran kadar kualitas udara bersih (CO, H<sub>2</sub>CO, Alkohol, Nox, dan Tinner), digunakan untuk rancang bangun dan diperlukan pengujian yang dilakukan diarea sebanyak beberapa kali guna mengetahui selisih setiap pembacaan dari masing-masing percobaan.

Ketika pengukuran kualitas udara melebihi 100 ppm dalam waktu 10 detik maka sistem akan langsung menghidupkan relay, exhaust fan akan menyala dan alarm akan aktif. Exhaust fan akan mengatur sirkulasi kualitas udara masuk dengan menarik udara dari welding habitat.

Pengujian Air Quality Sensor untuk mengetahui apakah sensor dapat bekerja dengan baik dan memberikan hasil yang sesuai dengan data yang terlampir pada datasheet-nya, sehingga hasil pembacaan dari sensor tersebut dapat digunakan sebagai panduan perancangan alat. Mikrokontrol ESP-32 dapat menerima data hingga 12 bit sehingga dapat mengkonversi data analog menjadi 4096 keadaan ( $2^{12} = 4096$ ). Artinya nilai 0 mempresentasikan tegangan 0 volt dan nilai 4096 mempresentasikan tegangan 5 volt [11].

### D. Sensor MQ 135

Berfungsi untuk pengukuran kadar karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), Pengukuran ini dipengaruhi juga oleh jumlah orang yang berada didaerah pengukuran.

Sensor MQ-135 adalah sensor yang memonitor kualitas udara untuk mendeteksi gas amonia (NH<sub>3</sub>), natrium-(di)oksida (NO<sub>x</sub>), alkohol / ethanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), benzena (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), karbondioksida (CO<sub>2</sub>), gas belerang / sulfur- hidroksida (H<sub>2</sub>S) dan asap / gas-gas lainnya di udara.

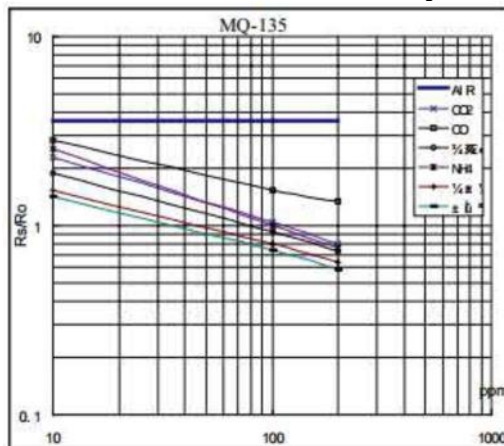
Sensor ini melaporkan hasil deteksi kualitas udara berupa perubahan nilai resistensi analog di pin keluarannya. Pin keluaran ini bisa disambungkan dengan pin ADC (analog-to-digital converter) di

mikrokontroler / pin analog input Mikrokontroler (ESP-32) dengan menambahkan satu buah resistor saja (berfungsi sebagai pembagi tegangan / voltage divider).

Sensor ini bekerja pada tegangan 5 Volt dan menghasilkan sinyal keluaran analog, karakteristik lengkap sensor gas MQ-135 tertera pada Tabel 1.



Gambar 5. Bentuk fisik sensor MQ 135



Gambar 6. Karakteristik Sensor MQ 135

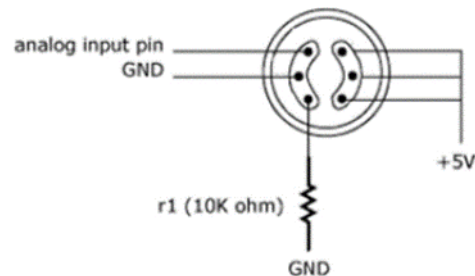
Tabel 1. Karakteristik Sensor Gas MQ 135

| No. | Model: MQ-135        | Spesifikasi   |
|-----|----------------------|---|
| 1   | Catu Daya Heater     | 5 Volt AC/DC  |
| 2   | Catu Daya Rangka Ian | 5 Volt AC/DC  |
| 3   | Target Gas           | Amoniak (NH <sub>3</sub> ), Nitrogen (Nox), Alkohol, Benzene, Smoke, Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) |

Gambar 6 menunjukkan tipikal karakteristik sensitivitas MQ 135 untuk beberapa gas. Diambil pada Temp: 20°C

dengan kelembaban 65%, Konsentrasi O<sub>2</sub>. 21% dan RL=20kΩ . Ro: Resistensi sensor pada 100ppm dari NH<sub>3</sub> di udara bersih. Sedangkan Rs: resistansi sensor di berbagai konsentrasi gas dan memiliki konsentrasi 10-10000 ppm (Amonia, Benzena, Hidrogen).

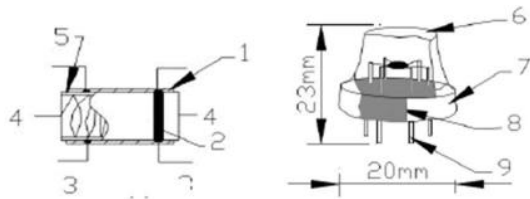
Komponen sensitive sensor ini terdiri dari 2 bagian. Bagian pertama adalah sirkuit pemanas memiliki fungsi kontrol waktu (tegangan tinggi dan pekerjaan tegangan rendah sirkuler) dan bagian kedua adalah rangkaian output sinyal, secara akurat dapat merespon perubahan permukaan resistansi sensor.



Gambar 7. Rangkaian Sensor Gas MQ-135

Material sensitif dari sensor gas ini adalah SnO<sub>2</sub> (Timah Oksida), dimana memiliki nilai konduktifitas yang rendah jika berada di udara bersih, dan ketika sensor ini mendeteksi gas polutan maka nilai konduktifitas menjadi tinggi seiring dengan meningkatnya gas yang dideteksi. Gambar struktur dan tabel keterangan bahan yang digunakan pada sensor gas MQ-135 tertera pada Gambar 7. dan Tabel 2.

Penyesuaian sensitivitas sensor ditentukan oleh nilai resistansi dari MQ-135 yang berbeda-beda untuk berbagai konsentrasi gas-gas. Jadi, Ketika menggunakan komponen ini, penyesuaian sensitivitas sangat diperlukan. Selain itu, kalibrasi pendeteksian konsentrasi NH<sub>3</sub> sebesar 100 ppm atau alkohol sebesar 50 ppm di udara juga diperlukan.



a. Bagian Dalam      b. Bagian Luar  
**Gambar 8.** Struktur Sensor MQ-135

**Tabel 2.** Keterangan Struktur Sensor MQ-135

| No | Bagian                | Material Yang Digunakan                |
|----|-----------------------|--|
| 1  | Gas Sensing Layer     | SNO <sub>2</sub>                       |
| 2  | Electrode             | Au                                     |
| 3  | Electrode Line        | Pt                                     |
| 4  | Heater Coil           | Ni-Cr Alloy                            |
| 5  | Tubular Ceramic       | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>         |
| 6  | Anti-Explosin Newtork | Stainless Steel Gauze(SUS316 100-mesh) |
| 7  | Clamp Ring            | Copper Plating Ni                      |
| 8  | Resin Base            | Bakelite                               |
| 9  | Tube Pin              | Copper Plating Ni                      |

Pada modul sensor gas MQ-135 terdapat 2 buah LED indikator yaitu LED indikator merah dan LED indikator hijau. Pada saat power-up, LED merah akan berkedip sesuai dengan alamat I2C modul. Jika alamat I2C adalah 0xE0 maka LED indikator akan berkedip 1 kali. Jika alamat I2C adalah 0xE2 maka LED indikator akan berkedip 2 kali. Jika alamat I2C adalah 0xE4 maka LED indicator akan berkedip 3 kali dan demikian seterusnya sampai alamat I2C 0xEE maka LED indikator akan berkedip 8 kali.

Pada saat power-up, LED hijau akan berkedip dengan cepat sampai kondisi pemanasan sensor dan hasil pembacaan sensor sudah stabil. Waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi stabil berbeda-beda untuk tiap sensor yang digunakan tergantung pada kecepatan respon sensor dan kondisi *heater* pada sensor. Jika kondisi stabil sudah tercapai, maka LED hijau akan menyala tanpa berkedip. Pada kondisi operasi normal (setelah kondisi *power-up*), LED merah akan menyala atau padam sesuai dengan hasil pembacaan sensor dan mode operasi yang dipilih. Sedangkan selama hasil

pembacaan sensor stabil, LED hijau akan tetap menyala dan hanya berkedip pelan (tiap 1 detik) jika ada perubahan konsentrasi gas [10].

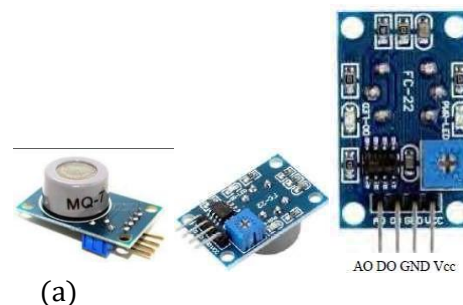
#### E. Sensor MQ-7

Berfungsi untuk pengukuran kadar karbon monoksida (CO), dimana sensor yang akan digunakan diperlukan pengujian untuk mengetahui apakah sensor dapat bekerja dengan baik dan memberikan hasil yang sesuai dengan data yang terlampir pada datasheet-nya. Sehingga hasil pembacaan dari sensor tersebut dapat digunakan sebagai panduan perancangan alat. Dengan fokus pembacaan kadar CO dalam area pengukuran.

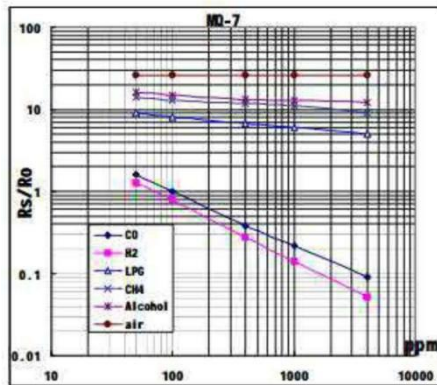
Materi sensitif dari sensor gas MQ-7 adalah SNO<sub>x</sub>, dengan konduktivitas rendah pada saat udara bersih. Sensor ini memungkinkan mendeteksi dalam siklus VHeater tinggi dan rendah (VH= 1,5 – 5V). Konduktivitas sensor akan semakin tinggi seiring dengan meningkatnya konsentrasi gas. Sensor gas MQ-7 memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap karbon monoksida. (Kurniawan & Rivai, n.d.). karakteristik lengkap sensor gas MQ-135 tertera pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Karakteristik Sensor Gas MQ-7

| No | Model: MQ-7         | Spesifikasi           |
|----|---------------------|-----------------------|
| 1  | Catu Daya Heater    | 5 Volt AC/DC          |
| 2  | Catu Daya Rangkaian | 5 Volt AC/DC          |
| 3  | Target Gas          | Karbon Monoksida (CO) |
| 4  | Range Pengukuran    | 20 PPM – 2000 PPM     |
| 5  | Sinyal Keluaran     | Analog                |



(a)



(b)

**Gambar 9.** (a) Bentuk Fisik MQ-7 (b) Karakteristik sensor MQ-7

Dari Gambar. 9 (b) adalah menunjukkan tipikal karakteristik sensitivitas MQ-7 untuk beberapa gas. Dapat diketahui nilai ppm dengan mengetahui  $R_s/R_o$ , dimana  $R_s$  adalah tahanan sensor pada kadar CO tertentu dan  $R_o$  adalah tahanan sensor pada udara yang bersih dengan kadar CO 100ppm. Pada grafik CO diambil pada suhu 20°C, tingkat kelembapan 65%, konsentrasi oksigen 21% dan RL 10K Ohm. Dibutuhkan data  $R_o$  dan  $R_s$  untuk mengetahui kadar CO dalam ppm.  $R_o$  dapat digunakan untuk kalibrasi, untuk menyamakan hasil pengukuran sensor dengan hasil yang sebenarnya.  $R_o$  digunakan untuk mengkalibrasi hasil pengukuran dengan mengubah ubah nilainya. Dengan kisaran pendeteksian: 20 ppm – 2000 ppm karbon monoksida.

Hambatan permukaan dari sensor  $R_s$  diperoleh melalui output sinyal tegangan yang dipengaruhi dari resistansi beban RL yang seri. Hubungan diantara itu dijelaskan:

$$R_s \setminus RL = (V_c - V_{RL}) / V_{RL}$$

Keterangan:

- $R_s$  = Tahanan pada sensor
- $V_c$  = Tegangan yang masuk ke sensor
- $RL$  = Tahanan beban pada rangkaian
- $V_{RL}$  = Tegangan output rangkaian

Ketika sinyal sensor digeser dari udara bersih untuk karbon monoksida (CO), pengukuran sinyal dilakukan dalam waktu satu atau dua periode pemanasan lengkap (2,5 menit dari tegangan tinggi ke tegangan rendah). Lapisan sensitif dari

MQ-7 komponen gas sensitif terbuat dari SnO<sub>2</sub> dengan stabilitas. Jadi, sensor MQ-7 memiliki stabilitas jangka panjang yang sangat baik. Masa servis dapat mencapai 5 tahun di bawah kondisi penggunaan. Penyesuaian Sensitivitas Nilai resistansi MQ-7 adalah perbedaan untuk berbagai jenis dan berbagai gas konsentrasi. Jadi, Bila menggunakan komponen ini, penyesuaian sensitivitas sangat diperlukan. Untuk itu mengkalibrasi detektor untuk CO 200ppm di udara dan menggunakan nilai resistansi beban itu (RL) sekitar 10 KΩ (5KΩ sampai 47 KΩ) [9].

#### F. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa Integrated Circuit (IC) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal input mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Jadi mikrokontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya.

Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu chip, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur Input/Output (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Pada PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde Gbyte, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde byte/Kbyte.

Meskipun kecepatan pengolahan data dan kapasitas memori pada mikrokontroler jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan komputer personal, namun kemampuan mikrokontroler sudah cukup untuk dapat digunakan pada

banyak aplikasi terutama karena ukurannya yang kompak. Mikrokontroler sering digunakan pada sistem yang tidak terlalu kompleks dan tidak memerlukan kemampuan komputasi yang tinggi.

Sistem yang menggunakan mikrokontroler sering disebut sebagai embedded system atau dedicated system. Embedded system adalah sistem pengendali yang tertanam pada suatu produk, sedangkan dedicated system adalah sistem pengendali yang dimaksudkan hanya untuk suatu fungsi tertentu. Pada pemrograman mikrokontroler program yang disimpan dalam PEROM atau EPROM adalah bahasa mesin, yaitu suatu kode-kode instruksi yang memerintahkan mikrokontroler untuk melakukan suatu pekerjaan tertentu. Kode-kode tersebut tersimpan dalam bentuk bilangan biner. Guna mempermudah pemrograman dapat digunakan bahasa assembler atau bahasa tingkat tinggi seperti basic, Pascal atau C.

#### G. Mikro Kontroler ESP32



**Gambar 10.** Mikro Kontroler ESP32

ESP32 adalah salah satu keluarga mikrokontroler yang dikenalkan dan dikembangkan oleh Espressif System. ESP32 ini merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler satu ini compatible dengan Arduino IDE. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dan ditambah dengan BLE (*Bluetooth Low Energy*) dalam chip sehingga sangat mendukung dan dapat menjadi pilihan bagus untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things* [12].

**Tabel 4.** Spesifikasi Mikrokontroler ESP32

|          |  |
|----------|--|
| Prosesor | Xtensa dual-core (or single-core) 32-bit LX6 microprocessor, operating at 160 or 240 MHz |
| Memori   | 520 KB SRAM  |

|  |   |
|--|---|
| Wireless connectivity                                      | Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE (shares the radio with Wi-Fi)   |
| Peripheral I/O   | 12-bit SAR ADC (up to 18 channels), 2x 8-bit DACs, 10x touch sensors (capacitive sensing GPIOs), 4x SPI, 2x I2S interfaces, 2x I2C interfaces, 3x UART, SD/SDIO/CE-TA/MMC/eMMC host controller, SDIO/SPI slave controller, Ethernet MAC interface, CAN bus 2.0, infrared remote controller (TX/RX, up to 8 channels), motor PWM, LED PWM (up to 16 channels), hall effect sensor, ultra low power analog pre-amplifier. |
| Security   | IEEE 802.11 standard security, secure boot, flash encryption, 1024-bit OTP (upto 768-bit for customers), cryptographic hardware acceleration (AES, SHA-2, RSA, ECC), random number generator (RNG).   |
| Software Pemrograman untuk Memprogram Mikrokontroler ESP32 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• IDE Arduino</li> <li>• Pinout modul ESP32</li> <li>• PlatformIO</li> <li>• Framework Pengembangan IoT Espressif</li> <li>• Plugin Eclipse ESP-IDF</li> <li>• Ekstensi Kode VisualStudio ESP-IDF</li> </ul>   |

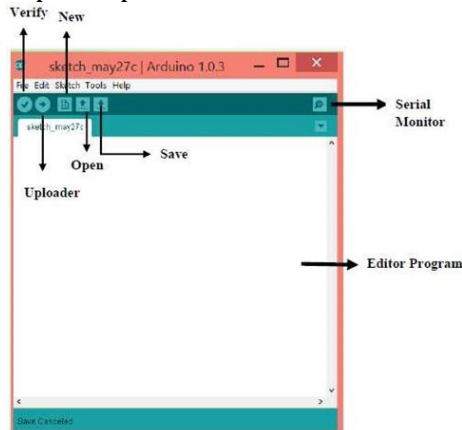
#### H. Arduino IDE

Arduino merupakan pengendali mikro single board pada alat-alat elektronika. Papan ini memiliki sifat open source dan merupakan hasil turunan dari Wiring Platform. Untuk Anda yang sering mengerjakan sebuah program robotika maupun alat-alat elektronika maka tentu saja Anda sudah tidak asing lagi dengan papan pemrograman satu ini.

Nama dari software tersebut adalah Arduino IDE. Software ini merupakan software yang bisa di gunakan untuk membuat sistem pemrograman di Arduino. Arduino IDE ini berperan sebagai text editor yang berfungsi untuk mengedit, membuat, serta memvalidasi kode pemrograman. Hebatnya lagi Arduino IDE bisa di gunakan pada Windows, Mac OS, dan juga linux [1].



Menu Arduino IDE dan Fungsinya ditampilkan pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Tampilan Arduino IDE

Tampilan menu yang disajikan oleh Arduino IDE sebenarnya kurang lebih sama dengan tampilan software pembuat program yang lainnya. Namun yang membedakan adalah Arduino IDE sudah menggunakan bahasa pemrograman modern sehingga lebih mudah dipahami saat Anda menggunakannya. Adapun penjelasan tiap bagian menu Arduino IDE adalah:

#### 1. Verify Code

Jika ada kesalahan pada code maka program tidak akan bisa berjalan. Inilah mengapa Arduino IDE menyediakan menu verify pada softwarena. Dulunya menu verify code ini bernama compile. Dimana jika ada kesalahan sketch yang Anda buat maka akan langsung muncul pesan error. Lalu verify code inilah yang akan mengubahnya dan mengupload ke mikrokontroler.

#### 2. Upload

Seperti namanya, tombol ini berfungsi untuk mengupload sketch yang sudah jadi ke board Arduino. Meskipun Anda tidak menggunakan verify dulu dan langsung upload namun sketch tadi bisa otomatis terverify.

#### 3. New, Open, Save Sketch

Tombol new sketch berfungsi untuk membuat sketch baru. Sedangkan tombol open sketch maka Anda bisa membuka file sketch yang tersimpan di komputer dengan ekstensi .ino. Lalu tombol save ketch menyimpan sketch yang sudah jadi tanpa di verif terlebih dulu.

#### 4. Serial Monitor

Serial monitor berfungsi untuk membuka komunikasi interface secara serial.

#### 5. Keterangan aplikasi

Semua proses yang dilakukan oleh tombol di Arduino IDE akan muncul keterangannya di keterangan aplikasi ini.

#### 6. Konsol log

Pada tombol verify sudah di jelaskan jika sktech salah akan muncul informasi error. Nah informasi error tersebut di tampilkan pada menu konsol log.

#### 7. Baris sketch

Ada banyak sekali baris kursor pada sketch yang ada di tampilan menu Arduino IDE. Jumlah baris kursor aktif ini akan tampil pada baris sketch.

#### 8. Board and Port

Menu *board and port* menyajikan informasi tentang port dan board yang di gunakan oleh Arduino.

#### I. Data Logger

Data Logger ( Perekam Data ) adalah sebuah alat elektronik atau system yang mencatat data dari waktu ke waktu baik yang terintegrasi dengan sensor dan instrumen. Atau secara singkat data logger adalah alat/media untuk melakukan data logging.

Data Logging dapat disebut juga sebagai proses otomatis pengumpulan dan perekaman data dari sensor untuk tujuan pengarsipan atau tujuan analisis. Sensor digunakan untuk mengkonversi besaran fisik menjadi sinyal listrik yang dapat diukur secara otomatis akhirnya dikirimkan ke komputer atau mikroprosesor untuk pengolahan. Berbagai macam sensor sekarang tersedia. Sebagai contoh, suhu, intensitas cahaya, tingkat suara, sudut rotasi, posisi, kelembaban relatif, pH, oksigen terlarut, pulsa (detak jantung), bernapas, kecepatan angin, dan gerak. Selain itu, banyak peralatan laboratorium dengan output listrik dapat digunakan bersama dengan konektor yang sesuai dengan data logger.

Penggunaan Data Logger Biasanya di gunakan untuk :

1. Pengujian terhadap ruangan tempat penyimpanan daging sapi, daging ikan,

daging domba, daging kambing, dll. (bertujuan agar suhu dan ph pada tempat penyimpanan daging sesuai dengan kebutuhan).

2. Pengujian terhadap ruangan tempat penyimpanan makanan kalengan.
3. Pengujian terhadap ruangan tempat penyimpanan susu.
4. Pengujian terhadap wilayah perindustrian.
5. Pengujian terhadap tempat penyimpanan sayur-sayuran dan buah-buahan.

Salah satu keuntungan menggunakan data logger adalah kemampuannya secara otomatis mengumpulkan data setiap 24 jam. Setelah diaktifkan, data logger digunakan dan ditinggalkan untuk mengukur dan merekam informasi selama periode pemantauan. Hal ini memungkinkan untuk mendapatkan gambaran yang komprehensif tentang kondisi lingkungan yang di pantau, contohnya seperti suhu udara, kelembaban dan konsentrasi gas [8].

#### **J. SQL (*Structured Query Language*)**

SQL merupakan bahasa scripting yang digunakan untuk mengorganisasi database. Database besar contohnya Mysql, PostgreSQL dan SQL server sudah memanfaatkan SQL untuk mengolah database-nya. Pada penelitian ini peneliti memanfaatkan MySQL sebagai platform pengoperasian SQL ini.

MySQL merupakan salah satu jenis database server yang sangat terkenal. Lisensi MySQL adalah FOSS License Exception dan ada juga yang versi komersial. MySQL menyediakan untuk beberapa platform, diantaranya windows dan linux. Melakukan administrasi secara sederhana diMySQL dapat memanfaatkan software seperti phpMyAdmin dan mysql [7].

#### **K. PhpMyAdmin**

PhpMyAdmin merupakan salah satu aplikasi atau perangkat berbasis opensource yang bisa digunakan untuk menjalankan pemrograman ataupun administrasi pada database MySQL [7] phpMyAdmin ditulis dalam Bahasa pemrograman PHP yang dimanfaatkan

untuk menangani administrasi database mysql melalui jaringan lokal maupun internet. PhpMyAdmin sangat membantu berbagai operasi mysql diantaranya untuk mengorganisir basis data, tabel- tabel, bidang(field), relasi (relation), indeks, pengguna(users), perijinan (permissions), dan lain lain [8].

#### **L. LCD (Liquid Crystal Display)**

LCD (Liquid Crystal Display) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya, tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit (Bhasworo et al., 2017).

LCD sudah digunakan di berbagai bidang misalnya alat- alat elektronik seperti televisi, kalkulator, ataupun layar computer. Dan pada Rancang Bangun Sistem Pemantauan Dan Pengendali Kualitas Udara Pada Aplikasi Welding Habitat Proses Welding Pipeline Sistem Dengan Data Logger ini menggunakan LCD 4x20.

#### **Gambar 11.** LCD 4x20

Dalam modul LCD (Liquid Cristal Display) terdapat microcontroller yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD (Liquid Cristal Display). Microcontroller pada suatu LCD dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan microcontroller internal LCD adalah : DDRAM (Display Data Random Access Memory) merupakan memori tempat karakter yang akan

ditampilkan berada. CGRAM (Character Generator Random Access Memory) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.

CGROM (Character Generator Read Only Memory) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM. Register control yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah. Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD dapat dibaca pada saat pembacaan data. Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau ke DDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Pin, kaki atau jalur input dan kontrol dalam suatu LCD diantaranya adalah :

- Pin data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.
- Pin RS (Register Select) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika low menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika high menunjukkan data.
- Pin R/W (Read Write) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika low tulis data, sedangkan high baca data.
- Pin E (Enable) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
- Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5

Kohm, jika tidak digunakan dihubungkan ke ground, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt.

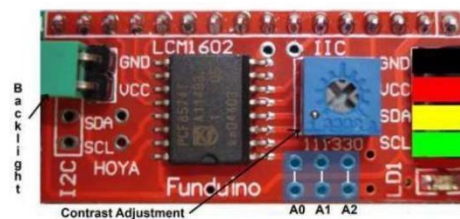
### M.Modul I2C

Modul I2C untuk LCD merupakan modul yang sangat mempermudah dalam pemrograman LCD. Selain mempermudah, dengan modul I2C juga dapat menghemat pin dari LCD ke mikrokontroler / Arduino karena output hanya 4 pin (VCC, GND, SCL, SDA).

Modul I2C ini memiliki alamat I2C nya sendiri yang nantinya digunakan untuk sketch pemrograman.

I2C / TWI modul LCD2004 adalah sebuah sistem peraga menggunakan LCD dot matrix 20X karakter berbasis IC Hitachi HD44780 dengan I2C serial bus kecepatan tinggi yang diproduksi oleh DFRobot. Sistem peraga LCD dot matrix 20x4 karakter berbasis IC HD44780 dapat dihubungkan ke board Arduino Uno hanya menggunakan 2 (dua) buah kaki Analog A4 dan A5 selain sumber tegangan DC +5 Volt. Kaki Analog A4 dan A5 dari Arduino Uno dihubungkan ke kaki SDA dan kaki SCL dari serial board. Diperlukan sebuah file library LiquidCrystal\_I2C.h agar sebuah board Arduino Uno dapat digunakan untuk menggerakkan LCD dot matrix 20x4 karakter berbasis IC Hitachi HD44780 dengan I2C serial bus.

Untuk gambar Module I2C dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Modul I2C

Untuk deskripsi pin/kontrol Module I2C dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pin/Kontrol Module I2C

| Pin #     | Name | Type   | Description   |
|-----------|------|--------|---|
| 1         | GND  | Power  | Supply & Logic ground                                 |
| 2         | VCC  | Power  | Digital I/O 0 or RX (serial receive)                  |
| 3         | SDA  | I/O    | Serial Data line                                      |
| 4         | SCL  | CLK    | Serial Clock line                                     |
| A0        | A0   | Jumper | Optional address selection A0 - see below             |
| A1        | A1   | Jumper | Optional address selection A1 - see below             |
| A2        | A2   | Jumper | Optional address selection A2 - see below             |
| Backlight |      | Jumper | Jumpered - enable backlight, Open - disable backlight |
| Contrast  |      | Pot    | Adjust for best viewing                               |

Untuk spesifikasi Module I2C dapat dilihat pada Tabel 6.

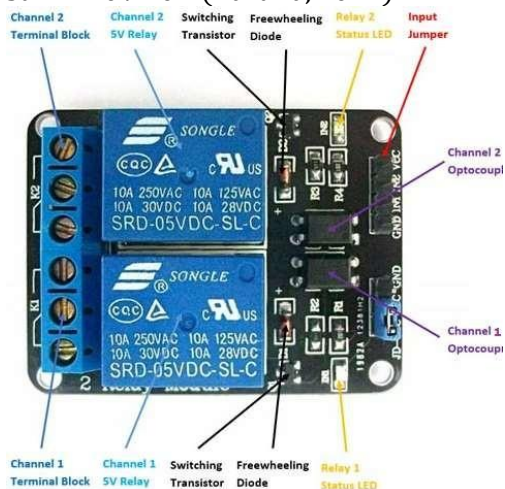
**Tabel 6.** Spesifikasi Module I2C

| No | Nama           | Spesifikasi  |
|----|----------------|--|
| 1  | Tegangan kerja | VCC, GND, DO, AO                                     |
| 2  |                | Mendukung protokol I2C, coding lebih singkat         |
| 3  |                | Dilengkapi Trimpot pengatur lampu dan kontras layar  |
| 4  |                | Hanya 4 pin utk pengendalian (SDA, SCL, VCC dan GND) |
| 5  | Device Address | 0x27 atau 0x3F                                       |
| 6  |                | Dapat digunakan untuk LCD 16x2 ataupun 20x4          |
| 7  | Ukuran         | 41.5x19x15.3mm                                       |

I2C Merupakan komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didisain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (Serial Clock) dan SDA (Serial Data) yang membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya.

#### N. Relay

Relay adalah sebuah sakelar (switch) yang dioperasikan secara listrik untuk menggerakkan kontak sakelar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Contoh pada relay yang menggunakan elektromagnet 5V dan 50mA, mampu menggerakkan kontak sakelar untuk menghantarkan listrik 220V 10A (Kartika, 2017).



**Gambar 13.** Modul Relay 2 Channel  
**O. Exhaust fan / Blower**

Blower adalah mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu. Blower juga digunakan sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu. Bila untuk keperluan khusus, blower terkadang diberi nama lain misalnya untuk keperluan gas dari dalam disebut dengan nama exhauster. Di industri kimia alat ini biasanya digunakan untuk mensirkulasikan gas-gas tertentu didalam tahap proses-proses secara kimiawi dikenal dengan nama booster atau circulator.

#### P. Catu Daya

Catu daya memegang peranan yang sangat penting dalam hal perancangan sebuah alat elektronik. Tanpa bagian ini sistem tidak akan berfungsi begitu juga bila pemilihan catu daya tidak tepat, maka sistem ini tidak akan bekerja dengan baik. Sumber daya pada Sistem Pemantau dan Pengendali Kualitas Udara pada Aplikasi Welding Habitat ini menggunakan Power bank.

Powerbank merupakan alat yang memiliki fungsi sebagai pengisi daya smartphone, iPad, iPhone, tablet atau perangkat lainnya yang menyimpan sumber daya listrik di dalamnya. Pengisian daya setelah dilakukan charge selama jangka waktu tertentu.

Powerbank sangat penting pada saat perjalanan jauh maupun perjalanan yang sulit mendapatkan aliran listrik. Ada yang menganggap bahwa powerbank merupakan salah satu baterai portable atau baterai cadangan.

Powerbank memiliki bentuk yang kecil hingga yang besar dan ada beberapa yang memiliki bentuk beragam dengan berbagai model yang unik. Beberapa powerbank yang ada di pasaran tersedia dengan harga yang murah serta tergantung pada daya yang mampu disimpannya.

Semakin tinggi daya yang bisa disimpan maka semakin mahal pula harga pembeliannya. Agar dapat digunakan, maka powerbank harus diisi terlebih dahulu dengan cara mencharge seperti

pada smartphone seperti biasa. Listrik tersebut akan disimpan lalu nantinya dapat kamu gunakan saat perjalanan ketika handphone kamu tiba-tiba mati karena kehabisan daya baterai.

Terdapat tiga macam/jenis power bank yang saat ini beredar di pasaran, diantaranya :

1. Universal Power Bank merupakan jenis power bank yang pertama serta paling banyak ditemukan di pasaran saat ini. Power bank ini hadir dengan berbagai ukuran dengan menyesuaikan kebutuhan terhadap device/gadget yang kamu miliki. Selain itu, tipe power bank ini juga bisa dibilang cukup murah sesuai dengan budget yang kamu miliki.
2. Solar Power Bank, sedikit berbeda dengan tipe pertama diatas, pada solar power bank ini memiliki kelebihan bisa merubah energi panas dari matahari menjadi energi listrik dengan penempatan beberapa panel surya pada alat portable ini. Sehingga untuk mencharge powerbank bisa dilakukan dengan dua cara yaitu dijemur pada panas matahari atau di colokan ke stopkontak listrik. Karena memiliki kelebihan solar system (sistem pengisian menggunakan tenaga surya) maka alat ini bisa dibilang cukup mahal dibandingkan dengan jenis yang pertama.
3. Jenis terakhir yaitu tipe power bank yang menggunakan sistem baterai lama di dalamnya. Jenis power bank ini sangat sedikit peminatnya dikarenakan banyak sekali keterbatasan yang bisa dilakukan power bank yang satu ini.



**Gambar 14.** Power Bank

Spesifikasi power bank yang digunakan pada Sistem Pemantau dan Pengendali

Kualitas Udara pada Aplikasi Welding Habitat dapat dilihat pada Table 7.

**Tabel 7.** Spesifikasi Power Bank

| No. | Nama             | Spesifikasi  |
|-----|------------------|--|
| 1   | Merk             | KIVEE  |
| 2   | Model Produk     | KV-PT62  |
| 3   | Tegangan         | 37Wh/3.7V  |
| 4   | Kapasitas Batrai | 10000 mAh  |
| 5   | Input Micro USB  | Output USB :<br>5V/2.1A<br>Output USB 2 :<br>5V/2.1A |
| 6   | Total OutPut     | 5V/2.1A (Max)  |
| 7   | Material         | ABS+PC   |

#### Q. Udara

Udara merupakan campuran mekanis dari bermacam-macam gas. Komposisi udara normal terdiri atas gas nitrogen 78,1 %, oksigen 20,93 %, dan karbon dioksida 0,03 %, sementara selebihnya berupa gas argon, neon, kripton, xenon dan helium. Udara juga mengandung uap air, debu, bakteri, spora dan sisa tumbuh-tumbuhan. Komposisi lengkap mengenai udara bersih tertera pada Tabel 8.

Kualitas udara dari suatu daerah ditentukan oleh keadaan alam sekitar serta jumlah sumber pencemaran yang ada di daerah tersebut. Jenis zat-zat yang dikeluarkan oleh sumber pencemar ke atmosfer yang dapat mempengaruhi kualitas udara antara lain, gas Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>), Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>), debu, dan kandungan Timah Hitam (Pb) di dalam debu [4].

**Tabel 8.** Komposisi Udara Bersih

| Jenis Gas       | Formula         | Konsentrasi (% Volume) | PPM     |
|-----------------|-----------------|------------------------|---------|
| Nitrogen        | N <sub>2</sub>  | 78,08                  | 780,800 |
| Oksigen         | O <sub>2</sub>  | 20,95                  | 209,500 |
| Argon           | Ar              | 0,934                  | 9,340   |
| Carbon Dioksida | CO <sub>2</sub> | 0,0314                 | 314     |
| Neon            | Ne              | 0,00812                | 18      |
| Helium          | He              | 0,000524               | 5       |
| Methana         | CH <sub>4</sub> | 0,0002                 | 2       |
| Krypton         | Kr              | 0,000114               | 1       |

Menurut WHO (World Health Organization), terdapat perbandingan nilai kandungan gas pencemar di dalam udara yang bersih dan udara yang

tercemar, perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

**Tabel 9.** Tabel Komposisi Udara Bersih dan Udara Tercemar Menurut World Health Organization (WHO)

| Parameter       | Udara Bersih                  | Udara Tercemar               |
|-----------------|-------------------------------|------------------------------|
| Bahan Partikel  | 0,01 – 0,02 mg/m <sup>3</sup> | 0,07 – 0,7 mg/m <sup>3</sup> |
| SO <sub>2</sub> | 0,003 – 0,02 PPM              | 0,02 – 2 PPM                 |
| CO              | 0,1 – 0,99 PPM                | 5 – 200 PPM                  |
| NO <sub>2</sub> | 0,003 – 0,02 PPM              | 0,02 – 0,1 PPM               |
| CO <sub>2</sub> | 310 – 330 PPM                 | 350 – 700 PPM                |
| Hidrokarbon     | 0,1 – 0,99 PPM                | 1 – 20 PPM                   |

#### R. Pencemaran Udara

Pengertian pencemaran udara berdasarkan Undang- Undang Nomor 23 tahun 1997 pasal 1 ayat 12 mengenai Pencemaran Lingkungan yaitu pencemaran yang disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pencemaran yang berasal dari pabrik, kendaraan bermotor, pembakaran sampah, sisa pertanian, dan peristiwa alam seperti kebakaran hutan, letusan gunung api yang mengeluarkan debu, gas, dan awan panas.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (RI) nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara merupakan masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam atmosfer oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Sedangkan berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI nomor 14 tahun 2002 tentang Pedoman Pengendalian Dampak Pencemaran Udara, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan / atau komponen lain ke dalam atmosfer oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan atau mempengaruhi kesehatan manusia.

#### S. ISPU (Indeks Standar Pencemar Udara)

ISPU merupakan laporan kualitas udara yang menerangkan seberapa tercemar dan bersihnya udara pada lingkungan masyarakat. Saluran Pemantau Kualitas Udara terpasang di berbagai titik kota di Indonesia. Namun pengoperasiannya belum maksimal dikarenakan memerlukan biaya mahal [5].

Stasiun pengamatan ISPU (Indeks Standar Pencemar Udara) sangat diperlukan dalam lingkungan masyarakat Indonesia, upaya pemerintah adalah telah membuat stasiun ISPU pada setiap propinsi di Indonesia. Stasiun ISPU yang ada di Indonesia menggunakan perangkat instrumentasi yang didatangkan dari luar negeri, sehingga memerlukan biaya mahal untuk pengadaannya.

Sumber pencemar di udara dapat digolongkan menjadi 2, yaitu kegiatan yang bersifat alami (natural) dan kegiatan antropogenik. Contoh sumber alami adalah akibat letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan, dan lain sebagainya. Sedangkan pencemaran antropogenik banyak dihasilkan dari aktivitas transportasi, industri, rokok, dari persampahan, baik akibat dekomposisi ataupun pembakaran, dan rumah tangga [17].

**Tabel 10.** Kategori dan Rentang Udara berdasarkan Indeks Standar Pencemar Udara dengan Ketentuan Warna

| No. | KATEGORI           | RENTANG (ppm) | WARNA  |
|-----|--------------------|---------------|--------|
| 1   | Baik               | 0 - 50        | Hijau  |
| 2   | Sedang             | 51 - 100      | Biru   |
| 3   | Tidak Sehat        | 101 - 199     | Kuning |
| 4   | Sangat Tidak Sehat | 200 - 299     | Merah  |
| 5   | Berbahaya          | 300 - 3000    | Hitam  |

Keputusan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) KEPMEN LH NOMOR: KEP-45/MENLH/10/1997, rentang semua Gas (PM<sub>10</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) yang terdapat pada Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dengan ketentuan waktu pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Kategori dan Rentang Udara berdasarkan Indeks Standar Pencemar Udara

| No. | KATEGORI           | RENTAN G       | PENJELASAN   |
|-----|--------------------|----------------|--|
| 1   | Baik               | 0 - 50 ppm     | Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi Kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan ataupun nilai estetika.              |
| 2   | Sedang             | 51 - 100 ppm   | Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi Kesehatan manusia atau hewan, tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif dan nilai estetika.                |
| 3   | Tidak Sehat        | 101 - 199 ppm  | Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika. |
| 4   | Sangat Tidak Sehat | 200 - 299 ppm  | Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.   |
| 5   | Berbahaya          | 300 - 3000 ppm | Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi.   |

#### T. Gas Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida adalah gas beracun, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Karena sifatnya yang tidak berbau, CO biasanya bercampur dengan gas-gas lain yang berbau sehingga CO dapat terhirup secara tidak disadari bersamaan dengan terhirupnya gas lain yang berbau. CO dihasilkan dari limbah industri terutama dari hasil pembakaran tidak sempurna gas alam dan material-material lain yang mengandung karbon [4].

Karbon Monoksida merupakan salah satu polutan yang terdistribusi paling luas di udara. Setiap tahun, CO dilepaskan ke udara dalam jumlah paling banyak diantara polutan udara yang lain, kecuali CO<sub>2</sub>. Di daerah dengan populasi tinggi, rasio mixing CO bisa mencapai 1 hingga 10 ppmv.

Gas CO merupakan gas yang berbahaya dan beracun yang merupakan salah satu gas yang mengandung zat tidak baik yang tidak dapat ditangkap oleh panca indera. Karbon monoksida terjadi karena pembakaran tidak sempurna bensin dalam motor, mobil, pembakaran di pertanian, industri dan sebagainya. Gas CO bersifat membunuh makhluk hidup termasuk manusia. Bahaya utama yang ditimbulkan oleh gas CO terhadap kesehatan adalah mengakibatkan gangguan pada darah. Batas paparan karbon monoksida yang diperbolehkan oleh OSHA (Occupational Safety and Health Administration) adalah 35 ppm untuk waktu 8 jam/hari kerja. Kadar yang dianggap langsung berbahaya terhadap kehidupan atau kesehatan adalah 1500 ppm (0,15%). Paparan dari 1000 ppm (0,1%) selama beberapa menit dapat menyebabkan 50 % kejenuhan dari karboksi hemoglobin dan dapat berakibat fatal. Banyak pembakaran yang menggunakan bahan bakar seperti alat pemanas dengan menggunakan kerosen (minyak tanah), gas, kayu dan charcoal yaitu kompor, pemanas air, alat pembuangan hasil pembakaran dan lain - lain yang dapat menghasilkan karbon monoksida.

Gas CO amat berbahaya jika dilepaskan ke udara. Jika gas CO terhirup oleh

mahluk hidup dalam jangka panjang maka dapat berisiko menyebabkan keracunan hingga kematian. Gas CO terdiri dari satu atom karbon yang secara kovalen berikatan dengan satu atom oksigen. Dalam ikatan ini, terdapat dua ikatan kovalen dan satu ikatan kovalen koordinasi antara atom karbon dan oksigen. Karbon Monoksida dapat menimbulkan dampak negatif bagi tubuh manusia. Tanda dan gejala keracunan CO bervariasi tergantung pada kadar COHb dalam darah. Pada konsentrasi 200 ppm apabila terjadi kontak dengan manusia selama 2-3 jam akan menimbulkan rasa pusing, mual dan muntah. Dalam waktu setengah jam, 1300 ppm dapat mengakibatkan kematian. (Widodo, 2016). Secara umum terbentuknya gas CO melalui proses berikut ini:

- a. Pembakaran bahan bakar fosil dengan udara yang reaksinya tidak stoikiometris. Reaksinya :  $2C + O_2 \rightarrow 2CO$
- b. Pada suhu tinggi terjadi reaksi antara karbon dioksida ( $CO_2$ ) dengan karbon (C) menghasilkan gas CO.
- c. Reaksinya :  $CO_2 + C \rightarrow 2CO$
- d. Pada suhu tinggi,  $CO_2$  dapat terurai kembali menjadi CO dan oksigen. Reaksinya :  $CO_2 \rightarrow CO + O$

#### U. Gas Oksida Nitrogen ( $NO_x$ )

Oksida Nitrogen adalah gas yang tidak berwarna yang memiliki sifat pada konsentrasi tinggi yang dapat menimbulkan keracunan. Oksida Nitrogen sering disebut dengan  $NO_x$  karena Oksida Nitrogen mempunyai 2 bentuk yang sifatnya berbeda, yakni gas  $NO_2$  dan gas NO. Sifat gas  $NO_2$  adalah berwarna dan berbau, sedangkan gas NO tidak berwarna dan tidak berbau (Junus, 2016).

Produk lain dari pembakaran yang tidak normal adalah timbulnya gas Oksida Nitrogen ( $NO_x$ ). Senyawa ini diberi notasi "x" karena bentuknya bisa berupa NO atau  $NO_x$ . Nitrogen ini tidak berasal dari bensin atau solar, tapi dari udara yang masuk ke dalam ruang pembakaran. Dalam kondisi normal, nitrogen ( $N_2$ ) tergolong senyawa inert yang stabil. Ia tak gampang bereaksi dengan oksigen. Tapi jika mesin mengalami "overheating", sifat inert ini tak

lagi bisa dipertahankan. Dalam kondisi tekanan mampat dan temperatur tinggi, senyawa nitrogen akan terurai dan berikatan dengan oksigen menjadi  $NO_x$  (Subekti, 1991).

Subekti, (1991). Gas Nitrogen ketika berbentuk oksida akan bersifat racun, bisa mengiritasi paru-paru dan memperberat penyakit pernapasan. Gas ini dalam kadar yang tinggi dapat bereaksi dengan haemoglobin dan mempunyai sifat yang serupa dengan CO karena dapat menghalangi fungsi normal Hb dalam darah dan juga dapat menyebabkan iritasi pada mata dan saluran pernafasan.

Fardiaz, (1992). Oksida Nitrogen ( $NO_x$ ) adalah suatu kelompok gas nitrogen yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari Nitrogen monoksida (NO) dan Oksida Nitrogen ( $NO_x$ ). Walaupun terdapat bentuk lainnya, kedua gas tersebut yang paling banyak diketahui sebagai bahan pencemar udara.

Gas NO dan  $NO_x$  dapat merusak manusia dan lingkungan. NO mempunyai kemampuan membatasi kadar oksigen dalam darah, seperti halnya CO dan mudah bereaksi dengan oksigen membentuk  $NO_x$ . Jika  $NO_x$  bertemu dengan uap air di udara atau dalam tubuh manusia akan terbentuk segera  $HNO_3$  yang amat merusak tubuh [4].

#### V. PPM (Part Per Million)

PPM atau "Part per Million" dalam bahasa Indonesia adalah "Bagian per Sejuta Bagian" merupakan satuan konsentrasi yang sering dipergunakan dalam Kimia Analisis. Satuan ini sering digunakan untuk menunjukkan kandungan suatu senyawa dalam suatu larutan misalnya kandungan garam dalam air laut, kandungan polutan dalam sungai, atau biasanya kandungan yodium dalam garam juga dinyatakan dalam ppm. Seperti halnya namanya yaitu ppm, maka konsentrasinya merupakan perbandingan antara berapa bagian senyawa dalam satu juta bagian suatu sistem. Sama halnya dengan "prosentase" yang menunjukkan bagian per seratus. Atau lebih mudahnya ppm adalah satuan konsentrasi yang



dinyatakan dalam satuan mg/Kg karena 1 Kg = 1.000.000 mg [5].

Rumus ppm adalah sebagai berikut:

**PPM = Jumlah Bagian Spesies**

**Satu juta bagian sistem dimana spesies itu berada?**

Satuan yang digunakan untuk Baku Mutu Udara ambien adalah mg/Nm<sup>3</sup>, maka konversi dari mg/Nm<sup>3</sup> ke ppm dilakukan sesuai dengan rumus berikut:

$$(mg / Nm^3) * (22,4 / MW) = ppm$$

Dimana MW adalah berat molekul gas.

(<http://www.flessner.ch/toolbox/toolpages/mgppm.htm>) Jika mengkonversi dari ppm ke µg/Nm<sup>3</sup> dapat dihitung dengan menggunakan Tabel 12.

**Tabel 12.** Tabel Konversi Satuan

| NO | Parameter                       | Konversi                        |
|----|---------------------------------|---------------------------------|
| 1  | SO <sub>2</sub>                 | 1 ppm = 2620 µg/Nm <sup>3</sup> |
| 2  | NO <sub>2</sub>                 | 1 ppm = 1880 µg/Nm <sup>3</sup> |
| 3  | Total Oksidan (O <sub>3</sub> ) | 1 ppm = 1962 µg/Nm <sup>3</sup> |
| 4  | CO                              | 1 ppm = 1145 µg/Nm <sup>3</sup> |

### 3. METODE PENELITIAN

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

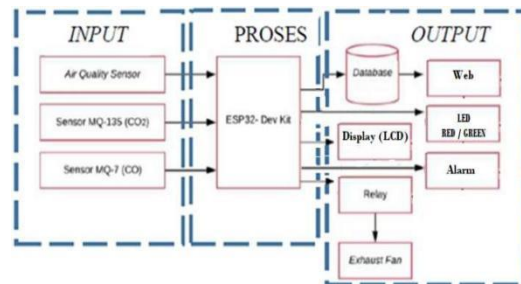
1. Studi literatur pada tahap ini dilakukan pencarian landasan-landasan teori yang diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, jurnal dan lain-lain untuk melengkapi perbendaharaan konsep dan teori, sehingga memiliki landasan dan keilmuan yang baik dan sesuai supaya tujuan dari penelitian dapat tercapai.
2. Metode rancang bangun pada metode ini melakukan perancangan baik hardware maupun software yang disesuaikan dengan kebutuhan alat yang akan dibuat.
3. Metode percobaan, metode percobaan dimaksudkan untuk menguji dan membuktikan hasil rancang bangun alat yang dibuat, apakah sesuai dengan landasan teori yang telah didapat dari studi literature.
4. Pembuatan laporan pada tahap ini dilakukan pembuatan laporan yang disusun berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan teknik pengumpulan data primer dan skunder sehingga menjadi laporan penelitian

yang dapat memberikan gambaran peneliti secara utuh.

Berikut tahapan dalam metode penelitian:

a. Blok diagram

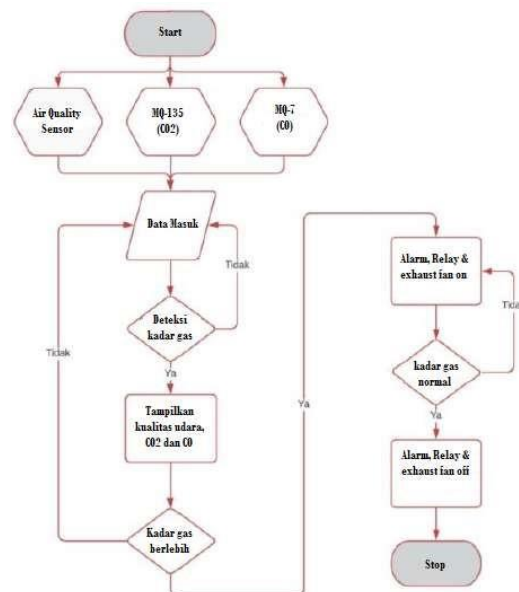
Blok diagram adalah diagram dari sebuah sistem, dimana bagian utama atau fungsi yang diwakili oleh blok dihubungkan dengan garis yang menunjukkan hubungan dari blok. Blok diagram dibuat untuk memperjelas konsep keseluruhan dari sebuah rancangan sistem.



**Gambar 15.** Blok Diagram Alat

b. Diagram alir

Adalah jenis diagram yang mewakili algoritma, alur kerja atau proses dari sebuah sistem, yang menampilkan langkah-langkah dalam bentuk simbol-simbol grafis dan urutannya dihubungkan dengan panah. Diagram ini mewakili ilustrasi atau penggambaran penyelesaian masalah.

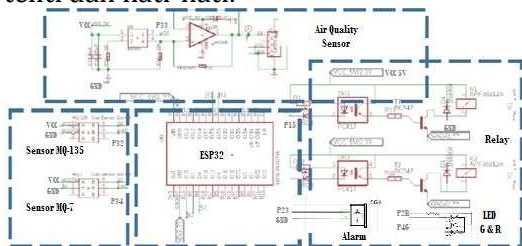


**Gambar 16.** Diagram Alir Sistem

Pada gambar 16 merupakan Diagram Alir dari keseluruhan sistem, secara garis besar sistem akan menerima data masukan dari 3 sensor yang akan digunakan untuk perancangan alat. Data yang dikirim oleh sensor berisi informasi kadar kualitas udara, gas CO<sub>2</sub> dan CO yang kemudian ditampilkan ke dalam data visual. Saat gas melebihi ambang batas ppm relay akan ON untuk mengalirkan arus ke Exhaust fan dan bisa dikembangkan ke notifikasi pemberitahuan melalui email. Saat udara kembali ke batas normal atau sesuai standar relay Off dan Exhaust fan mati sistem akan terus bekerja selama catu daya terus mengalir pada alat yang dirancang.

#### c. Perancangan Prototype alat

Tahap ini adalah proses pembuatan prototype alat yang mengacu pada gambar schematic diagram dan layout yang telah dibuat. Proses perakitan alat harus sesuai dengan schematic diagram supaya tidak ada kesalahan, lakukan perakitan dengan teliti dan hati-hati.



**Gambar 17.** Skematik Diagram

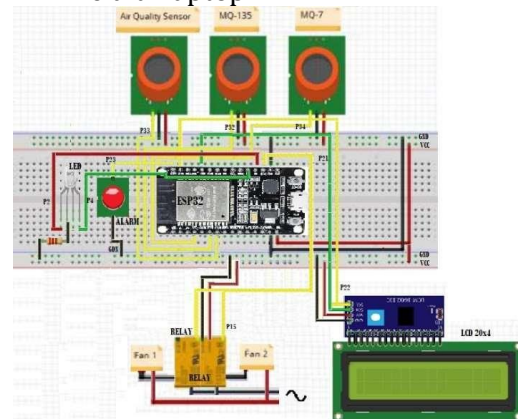
## 4. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dari penelitian ini dilakukan guna mengetahui apakah seluruh sistem dapat bekerja sesuai dengan apa yang telah dirancang. Pengujian dilakukan pada masing-masing blok perancangan alat (hardware dan software) serta pengujian keseluruhan untuk mengetahui fungsi alat dan sistem dapat bekerja dengan baik.

Percobaan dilakukan dengan tahap awal adalah melakukan pengukuran kualitas udara di welding habitat / rumah welding. Sensor yang digunakan yaitu air quality sensor, MQ-135 dan MQ-7 dengan fokus pengukuran-nya adalah kualitas udara bersih, CO<sub>2</sub> dan CO. Software untuk data

visual atau dashboard menggunakan platform IOT.

Perancangan alat ini menggunakan air quality sensor untuk pengukuran kadar kualitas udara bersih, MQ-135 untuk pengukuran kadar CO<sub>2</sub> dan MQ-7 untuk pengukuran kadar CO didalam welding habitat / rumah welding. Sensor tersebut terhubung ke mikrokontroler ESP-32 development board. Pembacaan awal sebagai langkah kalibrasi dilakukan secara serial monitor antara ESP-32 dan arduino IDE melalui laptop.



**Gambar 18.** Rangkaian Sistem Pemantauan Dan Pengendalian Kualitas Udara Pada Aplikasi Welding Habitat Proses Welding Pipeline Sistem Dengan Data Logger.

#### a. Kalibrasi dan Pengujian Air Quality Sensor

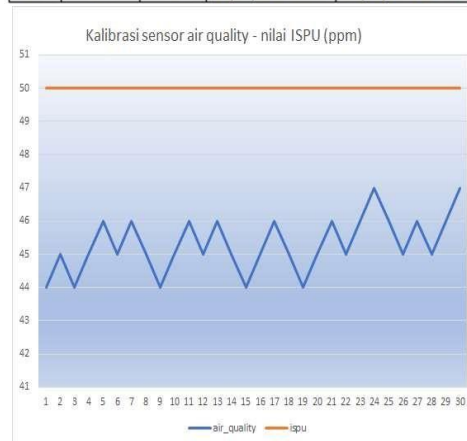
Tujuan kalibrasi dan pengujian Air Quality Sensor adalah untuk mengetahui apakah sensor dapat bekerja dengan baik dan memberikan hasil yang sesuai dengan data yang terlampir pada datasheet-nya, sehingga hasil pembacaan dari sensor tersebut dapat digunakan sebagai panduan perancangan alat. Mikrokontroler ESP-32 dapat menerima data hingga 12 bit sehingga dapat mengkonversi data analog menjadi 4096 keadaan ( $2^{12} = 4096$ ). Artinya nilai 0 mempresentasikan tegangan 0 volt dan nilai 4096 mempresentasikan tegangan 5 volt.

Kalibrasi dan pengujian Air Quality Sensor yang digunakan untuk mendeteksi kualitas udara bersih (CO, H<sub>2</sub>CO, Alkohol, Nox, dan Tinner), dilakukan didalam Welding Habitat / rumah welding

sebanyak beberapa lama guna mengetahui selisih setiap pembacaan. Hasil kalibrasi dan pengujian dapat dilihat pada Tabel 13 berikut:

**Tabel 13.** Hasil Pembacaan Kalibrasi Dan Pengujian Air Quality Sensor

| Kalibrasi sensor air quality - nilai ISPU (ppm) |             |      |                  |                  |
|---|-------------|------|------------------|------------------|
| reff  | :           | 50   | ppm              | (ISPU normal)    |
| id  | air quality | ispu | created at       | updated at       |
| 1   | 44          | 50   | 14/07/2023 08:46 | 14/07/2023 01:46 |
| 2   | 45          | 50   | 14/07/2023 08:46 | 14/07/2023 01:46 |
| 3   | 44          | 50   | 14/07/2023 08:46 | 14/07/2023 01:46 |
| 4   | 45          | 50   | 14/07/2023 08:47 | 14/07/2023 01:47 |
| 5   | 46          | 50   | 14/07/2023 08:47 | 14/07/2023 01:47 |
| 6   | 45          | 50   | 14/07/2023 08:48 | 14/07/2023 01:48 |
| 7   | 46          | 50   | 14/07/2023 08:48 | 14/07/2023 01:48 |
| 8   | 45          | 50   | 14/07/2023 08:48 | 14/07/2023 01:48 |
| 9   | 44          | 50   | 14/07/2023 08:50 | 14/07/2023 01:50 |
| 10  | 45          | 50   | 14/07/2023 08:51 | 14/07/2023 01:51 |
| 11  | 46          | 50   | 14/07/2023 08:51 | 14/07/2023 01:51 |
| 12  | 45          | 50   | 14/07/2023 08:51 | 14/07/2023 01:51 |
| 13  | 46          | 50   | 14/07/2023 08:51 | 14/07/2023 01:51 |
| 14  | 45          | 50   | 14/07/2023 08:52 | 14/07/2023 01:52 |
| 15  | 44          | 50   | 14/07/2023 08:52 | 14/07/2023 01:52 |
| 16  | 45          | 50   | 14/07/2023 08:52 | 14/07/2023 01:52 |
| 17  | 46          | 50   | 14/07/2023 08:52 | 14/07/2023 01:52 |
| 18  | 45          | 50   | 14/07/2023 08:53 | 14/07/2023 01:53 |
| 19  | 44          | 50   | 14/07/2023 08:56 | 14/07/2023 01:56 |
| 20  | 45          | 50   | 14/07/2023 08:56 | 14/07/2023 01:56 |
| 21  | 46          | 50   | 14/07/2023 08:57 | 14/07/2023 01:57 |
| 22  | 45          | 50   | 14/07/2023 08:57 | 14/07/2023 01:57 |
| 23  | 46          | 50   | 14/07/2023 08:58 | 14/07/2023 01:58 |
| 24  | 47          | 50   | 14/07/2023 08:59 | 14/07/2023 01:59 |
| 25  | 46          | 50   | 14/07/2023 09:00 | 14/07/2023 02:00 |
| 26  | 45          | 50   | 14/07/2023 09:00 | 14/07/2023 02:00 |
| 27  | 46          | 50   | 14/07/2023 09:02 | 14/07/2023 02:02 |
| 28  | 45          | 50   | 14/07/2023 09:02 | 14/07/2023 02:02 |
| 29  | 46          | 50   | 14/07/2023 09:02 | 14/07/2023 02:02 |
| 30  | 47          | 50   | 14/07/2023 09:03 | 14/07/2023 02:03 |



**Gambar 19.** Grafik Kalibrasi dan Pengujian Sensor Air Quality.

Kalibrasi dan pengujian dari nilai Ro dihasilkan dengan menggunakan referensi kondisi normal/baik untuk ISPU (Index Standard Pencemaran Udara).

Deviasi kalibrasi dan pengujian dari hasil tertingginya 47 ppm dari referensi kalibrasi 50 ppm. Nilai deviasi 3 ppm lebih rendah akan dikurangkan pada setting

tertinggi alat dalam kondisi sedang (100 ppm) menjadi 97 ppm dan setting kondisi bahaya akan diambil pada kondisi nilai 98 ppm.

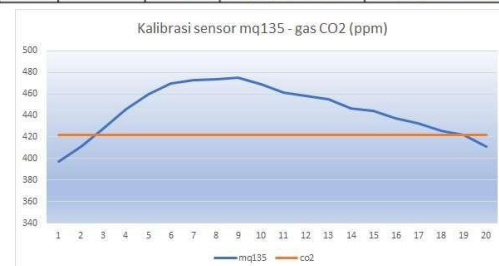
b. Kalibrasi dan Pengujian Sensor MQ-135

Tujuan kalibrasi dan pengujian Sensor MQ-135 adalah untuk mengetahui apakah sensor dapat bekerja dengan baik dan memberikan hasil yang sesuai dengan data yang terlampir pada datasheet-nya. Sehingga hasil pembacaan dari sensor tersebut dapat digunakan sebagai panduan perancangan alat. Dengan fokus pembacaan kadar CO2 dalam Welding Habitat / rumah welding.

Kalibrasi dan pengujian Sensor MQ-135 yang digunakan untuk mendeteksi kualitas udara bersih dilakukan didalam Welding Habitat / rumah welding sebanyak beberapa lama guna mengetahui selisih setiap pembacaan. Hasil kalibrasi dan pengujian dapat dilihat pada tabel 14 berikut:

**Tabel 14.** Hasil Pembacaan Kalibrasi Dan Pengujian Sensor Mq-135

| Kalibrasi sensor mq135 - gas CO2 (ppm) |       |     |                  |                  |
|--|-------|-----|------------------|------------------|
| reff                                   | :     | 422 | ppm              | co2 atmosphere   |
| id                                     | mq135 | co2 | created at       | updated at       |
| 1                                      | 397   | 422 | 14/07/2023 09:28 | 14/07/2023 02:28 |
| 2                                      | 411   | 422 | 14/07/2023 09:28 | 14/07/2023 02:28 |
| 3                                      | 428   | 422 | 14/07/2023 09:28 | 14/07/2023 02:28 |
| 4                                      | 446   | 422 | 14/07/2023 09:29 | 14/07/2023 02:29 |
| 5                                      | 460   | 422 | 14/07/2023 09:29 | 14/07/2023 02:29 |
| 6                                      | 470   | 422 | 14/07/2023 09:29 | 14/07/2023 02:29 |
| 7                                      | 473   | 422 | 14/07/2023 09:29 | 14/07/2023 02:29 |
| 8                                      | 474   | 422 | 14/07/2023 09:29 | 14/07/2023 02:29 |
| 9                                      | 475   | 422 | 14/07/2023 09:29 | 14/07/2023 02:29 |
| 10                                     | 469   | 422 | 14/07/2023 09:29 | 14/07/2023 02:29 |
| 11                                     | 461   | 422 | 14/07/2023 09:29 | 14/07/2023 02:29 |
| 12                                     | 458   | 422 | 14/07/2023 09:30 | 14/07/2023 02:30 |
| 13                                     | 455   | 422 | 14/07/2023 09:30 | 14/07/2023 02:30 |
| 14                                     | 447   | 422 | 14/07/2023 09:30 | 14/07/2023 02:30 |
| 15                                     | 444   | 422 | 14/07/2023 09:30 | 14/07/2023 02:30 |
| 16                                     | 437   | 422 | 14/07/2023 09:30 | 14/07/2023 02:30 |
| 17                                     | 433   | 422 | 14/07/2023 09:30 | 14/07/2023 02:30 |
| 18                                     | 426   | 422 | 14/07/2023 09:30 | 14/07/2023 02:30 |
| 19                                     | 422   | 422 | 14/07/2023 09:30 | 14/07/2023 02:30 |
| 20                                     | 411   | 422 | 14/07/2023 09:31 | 14/07/2023 02:31 |



**Gambar 20.** Grafik Kalibrasi dan Pengujian Sensor MQ-135.

Kalibrasi dan pengujian dari nilai Ro dihasilkan dengan menggunakan referensi

kondisi CO<sub>2</sub> atmospheric dari <https://www.co2.earth/>.

Deviasi kalibrasi dan pengujian dari hasil tertingginya 475 ppm lebih tinggi dari nilai referensi kalibrasi 422 ppm. Nilai deviasi 53 ppm akan ditambahkan pada setting tertinggi alat dalam kondisi area kerja yang masih dapat diterima (2000 ppm) menjadi 2053 ppm dan setting kondisi bahaya akan diambil pada kondisi nilai 2054 ppm.

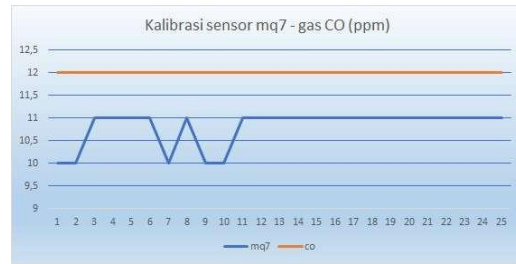
c. Kalibrasi dan Pengujian Sensor MQ-7

Sama seperti sensor sebelum-nya tujuan kalibrasi dan pengujian Sensor MQ-7 adalah untuk mengetahui apakah sensor dapat bekerja dengan baik dan memberikan hasil yang sesuai dengan data yang terlampir pada datasheet-nya. Sehingga hasil pembacaan dari sensor tersebut dapat digunakan sebagai panduan perancangan alat. Dengan fokus pembacaan kadar CO dalam Welding Habitat / rumah welding.

Kalibrasi dan pengujian Sensor MQ-7 yang digunakan untuk mendeteksi kualitas udara bersih dilakukan didalam Welding Habitat / rumah welding sebanyak beberapa lama guna mengetahui selisih setiap pembacaan. Hasil kalibrasi dan pengujian dapat dilihat pada tabel 15 berikut :

**Tabel 15.** Hasil Pembacaan Hasil Kalibrasi Dan Pengujian Sensor Mq-7

| Kalibrasi sensor mq7 - gas CO (ppm) |     |    |                  |                  |
|-------------------------------------|-----|----|------------------|------------------|
| reff                                | :   | 12 | ppm              | co gas detector  |
| id                                  | mq7 | co | created_at       | updated_at       |
| 1                                   | 10  | 12 | 14/07/2023 09:34 | 14/07/2023 02:34 |
| 2                                   | 10  | 12 | 14/07/2023 09:34 | 14/07/2023 02:34 |
| 3                                   | 11  | 12 | 14/07/2023 09:34 | 14/07/2023 02:34 |
| 4                                   | 11  | 12 | 14/07/2023 09:34 | 14/07/2023 02:34 |
| 5                                   | 11  | 12 | 14/07/2023 09:35 | 14/07/2023 02:35 |
| 6                                   | 11  | 12 | 14/07/2023 09:35 | 14/07/2023 02:35 |
| 7                                   | 10  | 12 | 14/07/2023 09:35 | 14/07/2023 02:35 |
| 8                                   | 11  | 12 | 14/07/2023 09:35 | 14/07/2023 02:35 |
| 9                                   | 10  | 12 | 14/07/2023 09:35 | 14/07/2023 02:35 |
| 10                                  | 10  | 12 | 14/07/2023 09:35 | 14/07/2023 02:35 |
| 11                                  | 11  | 12 | 14/07/2023 09:35 | 14/07/2023 02:35 |
| 12                                  | 11  | 12 | 14/07/2023 09:35 | 14/07/2023 02:35 |
| 13                                  | 11  | 12 | 14/07/2023 09:35 | 14/07/2023 02:35 |
| 14                                  | 11  | 12 | 14/07/2023 09:36 | 14/07/2023 02:36 |
| 15                                  | 11  | 12 | 14/07/2023 09:36 | 14/07/2023 02:36 |
| 16                                  | 11  | 12 | 14/07/2023 09:36 | 14/07/2023 02:36 |
| 17                                  | 11  | 12 | 14/07/2023 09:36 | 14/07/2023 02:36 |
| 18                                  | 11  | 12 | 14/07/2023 09:36 | 14/07/2023 02:36 |
| 19                                  | 11  | 12 | 14/07/2023 09:36 | 14/07/2023 02:36 |
| 20                                  | 11  | 12 | 14/07/2023 09:36 | 14/07/2023 02:36 |
| 21                                  | 11  | 12 | 14/07/2023 09:36 | 14/07/2023 02:36 |
| 22                                  | 11  | 12 | 14/07/2023 09:37 | 14/07/2023 02:37 |
| 23                                  | 11  | 12 | 14/07/2023 09:37 | 14/07/2023 02:37 |
| 24                                  | 11  | 12 | 14/07/2023 09:37 | 14/07/2023 02:37 |
| 25                                  | 11  | 12 | 14/07/2023 09:37 | 14/07/2023 02:37 |



**Gambar 21.** Grafik Kalibrasi dan Pengujian Sensor MQ-7.

Kalibrasi dan pengujian dari nilai Ro dihasilkan dengan menggunakan referensi gas detector yang digunakan di area kerja dengan brand GasAlertMicroCup XL.

Deviasi kalibrasi dan pengujian dari hasil tertingginya 11 ppm lebih rendah dari nilai referensi kalibrasi 12 ppm. Nilai deviasi 1 ppm akan dikurangkan pada setting tertinggi alat dalam kondisi area kerja yang masih dapat diterima (25 ppm) menjadi 24 ppm dan setting kondisi bahaya akan diambil pada kondisi nilai 25 ppm.

d. Pengujian Keseluruhan

Setelah melakukan kalibrasi dan pengujian dari masing-masing sensor langkah berikut-nya adalah pengujian keseluruhan sistem. Tujuan pengujian keseluruhan adalah untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan perancangan.

Dimana parameter pengujian yang menjadi fokus penelitian adalah kualitas kebersihan udara, gas CO<sub>2</sub> dan CO didalam Welding Habitat. Data yang didapat dari hasil pembacaan sensor diakumulasi oleh Mikrokontroler (ESP-32) yang kemudian dikirim ke server untuk kemudian ditampilkan kedalam table sebagai data logger.

Pengujian keseluruhan yang digunakan untuk mendeteksi kualitas udara bersih dilakukan didalam Welding Habitat / rumah welding dalam beberapa pengujian diantaranya :

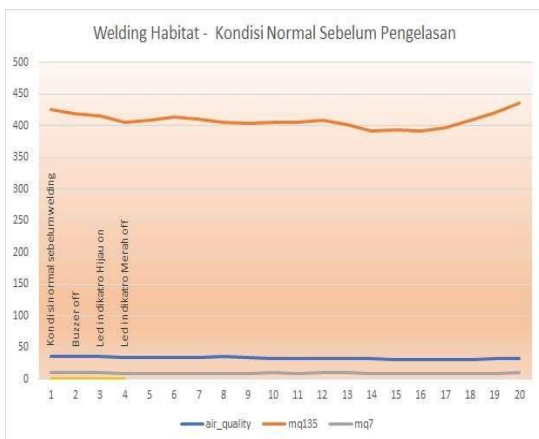
1. Pengujian sistem dalam welding habitat kondisi normal sebelum pengelasan, Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 16.
2. Pengujian sistem dalam welding habitat untuk pengelasan besi pipa 6 inch tanpa menghubungkan fan, Hasil pengujian

pada pengelasan besi pipa 6 inch dengan tidak menghubungkan fan dapat dilihat pada Tabel 17.

3. Pengujian sistem dalam welding habitat untuk pengelasan besi pipa 6 inch dengan menghubungkan fan, Hasil pengujian pada pengelasan besi pipa 6 inch dengan menghubungkan fan dapat dilihat pada Tabel 18.

**Tabel 16.** Hasil Pengujian Dalam Welding Habitat Untuk Kondisi Normal Sebelum Pengelasan

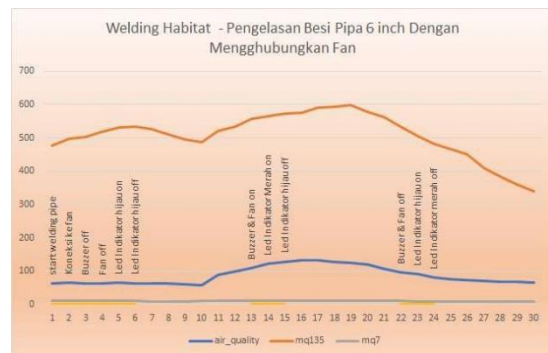
| Welding Habitat - Kondisi Normal Sebelum Pengelasan |             |       |     |                  |                  |                                |
|---|-------------|-------|-----|------------------|------------------|--------------------------------|
| id  | air_quality | mq135 | mq7 | created_at       | updated_at       | Remarks                        |
| 1   | 35          | 426   | 11  | 14/07/2023 09:46 | 14/07/2023 02:46 | Kondisi normal sebelum welding |
| 2   | 35          | 418   | 11  | 14/07/2023 09:46 | 14/07/2023 02:46 | Buzzer off                     |
| 3   | 35          | 415   | 11  | 14/07/2023 09:46 | 14/07/2023 02:46 | Led indikator Hijau on         |
| 4   | 34          | 405   | 10  | 14/07/2023 09:46 | 14/07/2023 02:46 | Led indikator Merah off        |
| 5   | 34          | 408   | 10  | 14/07/2023 09:46 | 14/07/2023 02:46 |                                |
| 6   | 34          | 414   | 10  | 14/07/2023 09:46 | 14/07/2023 02:46 |                                |
| 7   | 34          | 410   | 10  | 14/07/2023 09:46 | 14/07/2023 02:46 |                                |
| 8   | 35          | 406   | 10  | 14/07/2023 09:46 | 14/07/2023 02:46 |                                |
| 9   | 34          | 403   | 10  | 14/07/2023 09:47 | 14/07/2023 02:47 |                                |
| 10  | 33          | 406   | 11  | 14/07/2023 09:47 | 14/07/2023 02:47 |                                |
| 11  | 33          | 406   | 11  | 14/07/2023 09:47 | 14/07/2023 02:47 |                                |
| 12  | 33          | 409   | 11  | 14/07/2023 09:47 | 14/07/2023 02:47 |                                |
| 13  | 33          | 401   | 11  | 14/07/2023 09:47 | 14/07/2023 02:47 |                                |
| 14  | 32          | 392   | 10  | 14/07/2023 09:48 | 14/07/2023 02:48 |                                |
| 15  | 31          | 393   | 10  | 14/07/2023 09:48 | 14/07/2023 02:48 |                                |
| 16  | 31          | 391   | 10  | 14/07/2023 09:48 | 14/07/2023 02:48 |                                |
| 17  | 31          | 396   | 10  | 14/07/2023 09:49 | 14/07/2023 02:49 |                                |
| 18  | 31          | 409   | 10  | 14/07/2023 09:49 | 14/07/2023 02:49 |                                |
| 19  | 32          | 421   | 10  | 14/07/2023 09:49 | 14/07/2023 02:49 |                                |
| 20  | 33          | 435   | 11  | 14/07/2023 09:49 | 14/07/2023 02:49 |                                |



**Gambar 22.** Grafik Pengujian Dalam Welding Habitat Kondisi Normal Sebelum Pengelasan.

**Tabel 17.** Hasil Pengujian Dalam Welding Habitat – Untuk Pengelasan Besi Pipa 6 Inch Tanpa Menghubungkan Fan

| Welding Habitat - Pengelasan Besi Pipa 6 inch Tidak Menghubungkan Fan |             |       |     |                  |                  |                         |
|---|-------------|-------|-----|------------------|------------------|-------------------------|
| id  | air_quality | mq135 | mq7 | created_at       | updated_at       | Remarks                 |
| 1   | 43          | 423   | 10  | 14/07/2023 09:58 | 14/07/2023 02:58 | Start welding pipe      |
| 2   | 44          | 427   | 10  | 14/07/2023 09:58 | 14/07/2023 02:58 | Tanpa koneksi ke Fan    |
| 3   | 46          | 440   | 10  | 14/07/2023 09:58 | 14/07/2023 02:58 | Buzzer off              |
| 4   | 49          | 462   | 10  | 14/07/2023 09:58 | 14/07/2023 02:58 | Led Indikator hijau on  |
| 5   | 53          | 486   | 10  | 14/07/2023 09:58 | 14/07/2023 02:58 | Led Indikator hijau off |
| 6   | 56          | 506   | 10  | 14/07/2023 09:58 | 14/07/2023 02:58 |                         |
| 7   | 59          | 531   | 10  | 14/07/2023 09:58 | 14/07/2023 02:58 |                         |
| 8   | 62          | 555   | 10  | 14/07/2023 09:58 | 14/07/2023 02:58 |                         |
| 9   | 64          | 571   | 10  | 14/07/2023 09:58 | 14/07/2023 02:58 |                         |
| 10  | 66          | 591   | 11  | 14/07/2023 09:59 | 14/07/2023 02:59 |                         |
| 11  | 67          | 486   | 9   | 14/07/2023 10:04 | 14/07/2023 03:04 |                         |
| 12  | 69          | 487   | 9   | 14/07/2023 10:04 | 14/07/2023 03:04 |                         |
| 13  | 70          | 464   | 9   | 14/07/2023 10:05 | 14/07/2023 03:05 |                         |
| 14  | 71          | 508   | 9   | 14/07/2023 10:06 | 14/07/2023 03:06 |                         |
| 15  | 74          | 510   | 9   | 14/07/2023 10:06 | 14/07/2023 03:06 |                         |
| 16  | 77          | 508   | 9   | 14/07/2023 10:06 | 14/07/2023 03:06 |                         |
| 17  | 81          | 499   | 9   | 14/07/2023 10:06 | 14/07/2023 03:06 |                         |
| 18  | 84          | 490   | 9   | 14/07/2023 10:06 | 14/07/2023 03:06 |                         |
| 19  | 86          | 473   | 9   | 14/07/2023 10:06 | 14/07/2023 03:06 |                         |
| 20  | 90          | 467   | 9   | 14/07/2023 10:06 | 14/07/2023 03:06 |                         |
| 21  | 95          | 472   | 9   | 14/07/2023 10:06 | 14/07/2023 03:06 |                         |
| 22  | 97          | 481   | 9   | 14/07/2023 10:06 | 14/07/2023 03:06 |                         |
| 23  | 99          | 503   | 9   | 14/07/2023 10:07 | 14/07/2023 03:07 |                         |
| 24  | 102         | 513   | 9   | 14/07/2023 10:07 | 14/07/2023 03:07 | Buzzer on               |
| 25  | 104         | 510   | 9   | 14/07/2023 10:07 | 14/07/2023 03:07 | Led Indikator Merah on  |
| 26  | 116         | 576   | 10  | 14/07/2023 10:08 | 14/07/2023 03:08 | Led Indikator hijau off |
| 27  | 128         | 590   | 10  | 14/07/2023 10:08 | 14/07/2023 03:08 |                         |
| 28  | 132         | 603   | 10  | 14/07/2023 10:08 | 14/07/2023 03:08 |                         |
| 29  | 140         | 632   | 11  | 14/07/2023 10:09 | 14/07/2023 03:09 |                         |
| 30  | 142         | 648   | 11  | 14/07/2023 10:09 | 14/07/2023 03:09 |                         |
| 31  | 143         | 657   | 11  | 14/07/2023 10:09 | 14/07/2023 03:09 |                         |
| 32  | 145         | 650   | 11  | 14/07/2023 10:09 | 14/07/2023 03:09 |                         |
| 33  | 146         | 629   | 11  | 14/07/2023 10:09 | 14/07/2023 03:09 |                         |
| 34  | 147         | 618   | 11  | 14/07/2023 10:09 | 14/07/2023 03:09 |                         |
| 35  | 144         | 588   | 11  | 14/07/2023 10:09 | 14/07/2023 03:09 |                         |
| 36  | 142         | 557   | 11  | 14/07/2023 10:09 | 14/07/2023 03:09 |                         |
| 37  | 127         | 527   | 11  | 14/07/2023 10:09 | 14/07/2023 03:09 |                         |
| 38  | 120         | 495   | 11  | 14/07/2023 10:10 | 14/07/2023 03:10 |                         |
| 39  | 109         | 471   | 11  | 14/07/2023 10:10 | 14/07/2023 03:10 |                         |
| 40  | 102         | 436   | 11  | 14/07/2023 10:10 | 14/07/2023 03:10 |                         |
| 41  | 97          | 413   | 11  | 14/07/2023 10:10 | 14/07/2023 03:10 | Buzzer off              |
| 42  | 92          | 413   | 11  | 14/07/2023 10:10 | 14/07/2023 03:10 | Led Indikator hijau on  |
| 43  | 91          | 419   | 11  | 14/07/2023 10:10 | 14/07/2023 03:10 | Led Indikator merah off |
| 44  | 90          | 426   | 11  | 14/07/2023 10:11 | 14/07/2023 03:11 |                         |
| 45  | 93          | 424   | 10  | 14/07/2023 10:11 | 14/07/2023 03:11 |                         |



**Gambar 24.** Grafik Pengujian Dalam Welding Habitat Untuk Pengelasan Besi Pipa 6 inch Dengan Menghubungkan Fan.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis dari penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kadar kualitas udara didalam welding habitat pada pengelasan dengan tanpa menghubungkan ke fan, kadar kualitas udara pada saat mencapai ambang batas diatas 101 ppm semakin naik tinggi tidak terkontrol, penurunan kadar kualitas udara sampai menurun dibawah ambang batas 101 ppm karena welder berhenti mengelas dan welder keluar dari welding habitat, dikarenakan sudah pusing dan konsentrasi menurun.

2. Kadar kualitas udara didalam welding habitat pada pengelasan dengan menghubungkan ke fan, kadar kualitas udara pada saat mencapai ambang batas diatas
3. 101 ppm fan aktif dan memberikan sirkulasi pada welding habitat sehingga kualitas udara terkontrol dan secara cepat menurunkan kadar kualitas udara kembali dibawah 101 ppm, welder masih tetap dapat konsentrasi dan tetap melanjutkan pengelasan sampai selesai.
4. Sistem berfungsi sesuai dengan tujuan dari rancang bangun Sistem Pemantauan dan Pengendalian Kualitas Udara, yaitu membuat proses welding didalam welding habitat pada proses welding pipeline sistem lebih nyaman dan aman bagi kesehatan welder. Sehingga welder dapat konsentrasi sepenuhnya pada saat proses pengelasan dan menghasilkan produksi pengelasan yang baik dan berkualitas. Dari visual test hasil welding dapat diterima sehingga dapat memberikan welding repair rate yang rendah yang dapat menurunkan biaya welding repair yang dikeluarkan oleh Perusahaan.

#### Referensi

- J. W. Leksono, N. Yanuansa and I. Ummah**, "Modul Belajar Arduino Uno", Universitas Hasyim Asy'ari, Jombang, 2019.
- A. S. Mannaf, F. A. Setyaningsih and I. Ruslianto**, "Purwarupa Sitem Deteksi dan Pengurangan Kadar CO, CO2 dan NO2 Berbasis Mikrokontroler", Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi, Universitas Tanjung Pura, vol. 4, no. 3, 2016.
- B. D. Waluyo, H. D. Hutahaean, and A. Junaidi**, "Multiplexer Performance Testing For IoT-Based Air Quality Monitoring System", mantik, vol. 4, no. 1, pp. 33-40, May 2020.
- M. J. S. Mulia**, "Rancang Bangun Pemantau Kualitas Pencemar Udara Menggunakan Sensor di Industri Gula Berbasis Android". Politeknik Negeri Surabaya, Surabaya, 2019.
- Irianto, F. D. Murdianto, D. S. Fitriani and E. Sunarno**, "Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruang Berbasis Internet of Things (IoT)", Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC, 2019.
- Davide Gironi**, "MQ gas sensor correlation function estimation by datasheet". <http://davidegironi.blogspot.com/2017/05/mq-gas-sensor-correlation-function.html>, 2017.
- Standisyah, R. E., & Restu, I. S. 2017**. Implementasi Phpmyadmin Pada Rancangan Sistem Pengadministrasian. Jurnal UJMC, 39.
- Ramadan, R. F., & Mukhaiyar, R. 2020**. Penggunaan Database Mysql Dengan Interface Phpmyadmin Sebagai Pengontrolan Smarthome Berbasis Raspberry Pi. Jurnal Teknik Elektro Indonesia, 130.
- Datasheet**, "Data mq-7 gas sensor - Hanwei," [Online]. Available: MQ- 7.doc (sparkfun.com), [Diakses 07 Mei 2023].
- Datasheet**, "Data mq-135 gas sensor - Hanwei," [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132551/HANWEI/MQ-135.html>, [Diakses 07 Mei 2023].
- Datasheet**, "Sensor Air Quality - Winsen," [Online]. Available: Grove - Air Quality Sensor v1.3 | Seed Studio Wiki, [Diakses 14 Juni 2023].
- Datasheet**, "Mikrokontroler ESP32 - Espressif," [Online]. Available: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32e\\_esp32-wroom-32ue\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32e_esp32-wroom-32ue_datasheet_en.pdf), [Diakses 06 Mei 2023].
- Davide Gironi**, "MQ gas sensor correlation coefficients". <http://davidegironi.blogspot.com/2017/08/mq-gas-sensor-correlation-coefficients.html>, 2017.

**Pro Oxygen**, "Atmospheric CO2". [Online]. Available: <https://www.co2.earth/daily-co2>, [Diakses 03 Juni 2023].

**Ankit Rohatgi**, "WebPlotDigitizer". [Online]. Available: WebPlotDigitizer - Extract data from plots, images, and maps (automeris.io), [Diakses 04 Juni 2023]

**Casio Computer**, "Keisan Online Calculator". [Online]. Available: Linear regression Calculator - High accuracy calculation (casio.com), [Diakses 04 Juni 2023].

**Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan**, "Indeks Standar Pencemar Udara", [Online]. Available: <http://iku.menlhk.go.id/>, (Diakses 03 Juni 2023).

**Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan**, "Informasi Mutu Udara", [Online]. Available: <https://ditppu.menlhk.go.id/portal/read/indeks-standar-pencemar-udara-ispu-sebagai-informasi-mutu-udara-ambien-di-indonesia>, (Diakses 03 Juni 2023).