

# SISTEM MONITORING DEBU DAN KARBON MONOKSIDA PADA LINGKUNGAN KERJA BOILER DI PT. KARUNIA ALAM SEGAR

Fendi Ardiansyah<sup>1</sup>, Misbah<sup>2</sup>, Pressa P. S. S.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Muhammadiyah Gresik  
Jl. Sumatera No.101 GKB, Gresik  
E-mail : misbah@domain<sup>2</sup>, pressa@umg.ac.id

## ABSTRAK

Lingkungan kerja boiler batubara penuh dengan polusi udara yang dapat mengancam kesehatan para pekerja. Oleh karena itu, diperlukan sebuah alat atau media sebagai informasi dan peringatan secara terperinci, detail dan berkelanjutan terhadap bahaya polusi udara. Rancang bangun alat Sistem Monitoring Polusi Udara Berdasarkan Debu Dan Karbon Monoksida Pada Lingkungan Kerja Boiler Batubara Di PT. Karunia Alam Segar ini menggunakan microcontroller STM32F4 Discovery sebagai pusat pengontrol alat dan pemroses data. Alat ini menggunakan sensor CO dan sensor debu yang dilengkapi dengan sensor suhu sebagai pengaman kerja sensor. Indikator LED digunakan sebagai level dan buzzer digunakan sebagai indikator pada tingkat paling bahaya. Dilengkapi dengan LCD (Liquid Cristal Display) sebagai monitor yang menampilkan nilai dari kadar CO, debu, dan suhu. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran terhadap kesehatan para pekerja dan membantu pihak K3 dalam meningkatkan keamanan pekerja di bidang kesehatan melalui pencegahan dan penanganan. berikan.

**Kata kunci : Sensor CO, Sensor DEBU, Polusi udara**

## 1. PENDAHULUAN

Secara alami, udara di atmosfer bumi merupakan gabungan dari gas nitrogen (78%), gas oksigen (21%), gas argon (sekitar 1%), CO<sub>2</sub> (0,0035%) dan uap air (sekitar 0,01%). Komposisi komponen gas penyusun atmosfer ini bisa mengalami perubahan akibat polusi udara. Salah satu bentuk polusi yang paling banyak terjadi yaitu pada limbah buang pabrik.

Berdasarkan laporan dari Greenpeace Indonesia dampak Emisi dari pembakaran Batubara meningkatkan risiko penyakit seperti stroke, kanker paru-paru, jantung dan penyakit pernapasan pada orang dewasa, serta infeksi akibat paparan SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, debu, micropartikel dan paparan partikel berbahaya di udara.

Dalam penelitian ini akan diambil monitoring polusi udara dalam lingkungan kerja boiler batubara pada PT. Karunia Alam Segar sebagai upaya peringatan bagi pekerja ataupun operator boiler batubara. PT tersebut memiliki 11 boiler batubara sebagai penghasil uap panas dengan konsumsi 1.500

ton batubara setiap boiler perjamnya. Banyaknya jumlah boiler dengan konsumsi batubara yang banyak pula berdampak kritis terhadap lingkungan sekitar dan lingkungan kerja pada khususnya polusi yang terkandung dalam pencemaran udara meliputi debu atau abu hasil dari pembakaran boiler. Hasil pembakaran batubara di boiler juga menghasilkan partikel-partikel abu dengan ukuran antara 1 hingga 100 µm. Maka pada penelitian ini akan menggunakan dua sensor, yaitu sensor debu dan sensor CO (karbon monoksida).

Sehingga akan dibuat Sistem Monitoring Polusi Udara Berdasarkan Debu dan Karbon Monoksida Pada Lingkungan Kerja Boiler Batubara Di PT. Karunia Alam Segar. Pada sistem ini LCD digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan dua sensor tersebut. Mikrokontroler ARM STM32F4 yang berfungsi sebagai pemroses yang akan menerjemahkan sampel yang diterima oleh kedua sensor dan akan ditampilkan LCD secara berkelanjutan.

## 2. LANDASAN TEORI

### Polusi Batu Bara

Polutan-polutan penting yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara antara lain adalah SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, dan material partikulat. Selain itu ada bahan polutan lain yang disebut udara beracun. Ini adalah polutan yang sangat berbahaya meskipun jumlahnya hanya sedikit dihasilkan oleh pembakaran batubara. Namun udara beracun ini perlu kita bahas juga lebih lanjut karena sifatnya yang sangat membahayakan kesehatan manusia.

### Indeks Standar Pencemar Udara

Indeks Standar Pencemar Udara /ISPU(Air Pollution Index/ API) adalah laporan kualitas udara kepada masyarakat untuk menerangkan seberapa bersih atau tercemarnya kualitas udara kita dan bagaimana dampaknya terhadap kesehatan kita setelah menghirup udara tersebut selama beberapa jam atau hari. Penetapan ISPU ini mempertimbangkan tingkat mutu udara terhadap kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, bangunan, dan nilai estetika. ISPU ditetapkan berdasarkan 5 pencemar utama, yaitu: karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), Ozon permukaan (O<sub>3</sub>), dan partikel debu (PM<sub>10</sub>).

Di Indonesia ISPU diatur berdasarkan Keputusan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) Nomor KEP-107/Kabapedal/11/1997 seperti pada table 1.

Tabel 1. ISPU

| ISPU      | Pencemaran Udara Level | Dampak kesehatan  |
|-----------|------------------------|---|
| 0 – 50    | Baik                   | tidak memberikan dampak bagi kesehatan manusia atau hewan.  |
| 51 - 100  | Sedang                 | tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang peka.                                      |
| 101 - 199 | Tidak Sehat            | bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang peka atau dapat menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika. |

|             |                    |  |
|-------------|--------------------|--|
| 200 - 299   | Sangat Tidak Sehat | kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.   |
| 300 - Lebih | Berbahaya          | kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi (misalnya iritasi mata, batuk, dahak dan sakit tenggorokan). |

### Pedoman Teknis Perhitungan ISPU

Berdasarkan keputusan kepala badan pengendalian terhadap dampak lingkungan dan pedoman teknis perhitungan serta informasi indeks standar pencemar udara dapat dijelaskan dengan tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Indeks Standar Pencemaran Udara

| Indeks Standar Pencemar Udara | 24 jam PM10 ug /m <sup>3</sup> | 24 Jam SO2 ug /m <sup>3</sup> | 8 jam CO PPM | 1 jam O3 Mg /m <sup>3</sup> | 1 jam NO2 ug /m <sup>3</sup> |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------|-----------------------------|------------------------------|
| 10                            | 50                             | 80                            | 5            | 120                         | (2)                          |
| 100                           | 150                            | 365                           | 10           | 235                         | (2)                          |
| 200                           | 350                            | 800                           | 17           | 400                         | 1130                         |
| 300                           | 420                            | 1600                          | 34           | 800                         | 2260                         |
| 400                           | 500                            | 2100                          | 46           | 1000                        | 3000                         |

### ARM STM32F4 Discovery



Gambar 1. Mikrokontroler ARM STM32

STM32F4 discovery adalah salah satu jenis dari prosesor ARM 32 bit dengan tipe RISC. STM32F4 discovery dengan nama lengkap STM32F4 07VGT6 discovery. Gambar 1 dan table 3 menunjukkan tampilan dan spesifikasi dari STM32F4 Discovery.

Tabel 3. Spesifikasi STM32

| Fitur              | Spesifikasi                       |
|--------------------|-----------------------------------|
| Ukuran             | 97mm x 67mm                       |
| Kecepatan          | 168MHz (maksimal)                 |
| Flash              | 1024 Kb                           |
| RAM internal       | 192 Kb                            |
| Timer lainnya      | 2 x WDG, RTC, 24-bit down counter |
| 12 bit ADC         | 16                                |
| 12 ADC             | 2                                 |
| I/O                | 82                                |
| SPI                | 3                                 |
| PS                 | 2                                 |
| PC                 | 3                                 |
| USART+ UART        | 4+2                               |
| USB OTG            | 2                                 |
| CAN 2.0B           | 2                                 |
| SDIO               | 1                                 |
| Ethernet MAC10/100 | Ya                                |
| Tegangan kerja     | 1.8 – 3.6 V                       |
| Arus terendah      | 2.5 uA                            |
| Arus kerja         | 238 uA                            |

### Sharp Optical Dust Sensor (GP2Y1010AU0F)

Sharp Optical Dust Sensor (GP2Y1010AU0F) sangat efektif dalam mendeteksi partikel yang sangat halus. Menggunakan dioda infra merah dan fototransistor secara diagonal untuk mendeteksi cahaya yang dipantulkan dari debu di udara. Prinsip kerja dari sensor ini ialah dengan mendeteksi debu ataupun partikel yang lain kemudian akan di pantulkan cahaya ke bagian penerima. Cahaya dicerminkan pada partikel melewati keseluruhan permukaan, kemudian oleh photodiode diubah menjadi tegangan. Tegangan harus diperkuat untuk dapat membaca perubahan. Output dari sensor adalah tegangan analog sebanding dengan kepadatan debu yang terukur, dengan sensitivitas 0.5V/0.1 mg/m<sup>3</sup>.



Gambar 2. Sensor Debu (GP2Y1010AU0F)

Tabel 4. Spesifikasi GP2Y1010AU0F

|                 |   |
|-----------------|---|
| Konsumsi Arus   | (20mA Max, 11mA Khas)   |
| Input Tegangan  | 5V  |
| Output Tegangan | Analog, Semakin Tinggi Intensitas Debu Semakin Tinggi Nilai Tegangan Output |
| Sensitivitas    | 0,5/01.Mg/M3  |
| Suplai Tegangan | 5-7 V   |
| Suhu Operasi    | 10 <sup>o</sup> - 65 <sup>o</sup> C   |

### Sensor MQ-7

MQ 7 merupakan sensor gas yang digunakan dalam peralatan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dalam kehidupan sehari-hari, industri, atau mobil. Fitur dari sensor gas MQ7 ini adalah mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap karbon monoksida (CO). Sensor ini menggunakan catu daya heater : 5V AC/DC dan menggunakan catu daya rangkaian : 5VDC, jarak pengukuran : 20 - 2000ppm untuk ampu mengukur gas karbon monoksida.



Gambar 3. Sensor Gas MQ-7

Tabel 5. Spesifikasi Sensor Gas MQ-7

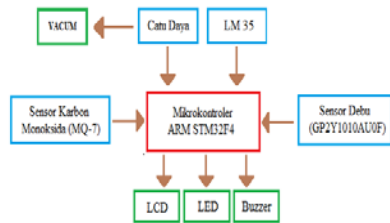
|                                   |                   |
|-----------------------------------|-------------------|
| VC/(Tegangan Rangkaian)           | 5V±0.1            |
| VH (H)/ Tegangan Pemanas (Tinggi) | 5V±0.1            |
| VH (L)/ Tegangan Pemanas (Rendah) | 1.4V±0.1          |
| RL/Resistansi Beban               | Dapat disesuaikan |
| RH Resistansi Pemanas             | 33Ω±5%            |
| TH (H) Waktu Pemanasan (Tinggi)   | 60±1 seconds      |
| TH (L) Waktu Pemanasan (Rendah)   | 90±1 seconds      |
| PH Konsumsi Pemanasan             | Sekitar 350mW     |

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Penelitian kuantitatif lebih menekankan pada penggunaan angka-angka yang membuatnya menjadi lebih spesifik, yang dilengkapi dengan penggunaan tabel.

Metode penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu perancangan hardware dan perancangan software.

### Perancangan Hardware



Gambar 4. Skema Hardware

Pada gambar 4, catu daya yang dibutuhkan adalah 5V sebagai sumber tegangan untuk mengoperasikan tiap-tiap komponen tersebut. Sensor suhu LM 35 akan menjadi pengaman suhu terhadap sensor debu dan sensor karbon monoksida, dimana kedua sensor akan bekerja secara akurat berdasarkan batas suhu kerja sensor. Sensor debu (GP2Y1010AU0F) akan mengirim sinyal analog sesuai kadar debu yang melewati lubang inframerah, dan begitu juga sensor MQ-7 akan mengeluarkan sinyal analog berdasarkan kadar karbon monoksida yang terdeteksi di sekitar sensor. Setelah itu Mikrokontroler ARM STM32F4 akan mengolah data tersebut dan menampilkannya pada layar LCD sebagai informasi kadar polusi yang terjadi di lingkungan kerja boiler batubara, LED akan menyala berdasarkan level bahaya dan buzzer sebagai indikator alarm akan aktif jika polusi dalam level paling berbahaya.

#### a. Sensor Debu

Sensor debu secara fisik memiliki lubang pada sensor sebagai proses pemindaian debu yang melewati lubang tersebut. Dan sebagai hasil pengujian pemindaian debu, sensor harus dapat mengeluarkan output ADC yang akan diteruskan untuk dilakukan diproses selanjutnya.

Beberapa rumus yang dibutuhkan dalam melakukan perhitungan dan konversi terhadap program adalah sebagai berikut.

$$V_{out} = (ADC * 3V) / 4095 \quad (1)$$

Rangkaian control juga dibutuhkan sebagai penunjang kerja sensor. Hingga dapat diprogram sesuai kebutuhan sehingga sensor dapat bekerja secara benar dan maksimal.

#### b. Sensor CO

Sensor ini menggunakan Sensor MQ7 tersusun oleh tabung keramik mikro dengan lapisan sensitif timah dioksida. Elektroda pengukur dan pemanas sebagai lapisan kulit yang terbuat dari plastik dan permukaan jaring stainless steel. dan pengujian sensor ini harus dapat mengeluarkan output ADC sesuai kadar CO yang diterima dan akan diteruskan untuk dilakukan diproses selanjutnya.

Beberapa rumus yang dibutuhkan dalam melakukan perhitungan dan konversi terhadap program adalah sebagai berikut.

$$R_o = (V_{cc} / V_{out} - 1) * R_L \quad (2)$$

$$R_s = (V_{cc} / V_{out} - 1) * R_L \quad (3)$$

$$R_s / R_o \quad (4)$$

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui dan memastikan kinerja dari setiap komponen penyusun alat rancang bangun alat monitoring debu dan karbon monoksida batubara sebagai sarana informasi dan peringatan secara terperinci, detail dan berkelanjutan terhadap bahaya polusi udara berbasis STM32F4. Masing-masing komponen penyusun alat dilakukan pengujian sebelum dirangkai menjadi satu agar memudahkan dalam mengidentifikasi kekurangan dan masalah yang terjadi pada setiap komponen. Setiap komponen alat memiliki cara pengujian yang berbeda-beda sesuai dengan jenis alat.

### Pengujian Sensor MQ7

Konversi sensor MQ7 dilakukan dengan cara menentukan nilai ADC untuk diubah ke satuan PPM. Pada ADC 12 bit output yang dihasilkan adalah  $2^{12} - 1 = 4096$ . Informasi sensor dan nilai-nilai akan mengacu pada data sheet berikut standar penggunaan dan statistiknya. Maka seluruh nilai yang akan didapat harus sesuai atau masuk dalam batas yang telah ditentukan. Maka pertama melakukan pemahaman terhadap datasheet sehingga kita dapat menganalisa sensor dengan tepat. Nilai karakteristik sensor dapat kita ketahui berdasarkan grafik, perbandingan  $R_s/R_o$  akan menjadi acuan untuk mendapatkan hasil akhir dengan satuan PPM. Pembuktian pengujian Karakteristik terhadap sensor dapat kita lakukan dengan melakukan pendekatan

melalui hasil yang telah didapatkan dengan nilai yang dibatasi dalam datasheet.

Dalam melakukan analisa terhadap grafik data sheet, maka akan diketahui bahwa rasio resistansi sensor gas MQ-7 ( $R_s/R_o$ ) akan bernilai  $\approx 0.25$  pada saat konsentrasi gas  $CO \approx 10$  ppm

Hal yang perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai  $R_o$ , berdasarkan data sheet  $R_o$  diperoleh dengan melakukan preheat time atau memanasi heater selama 48 jam atau setara dengan dua hari kerja. Sehingga dapat diambil nilai hambatan  $R_o$  pada saat kondisi normal atau tanpa gangguan gas karbon monoksida. Dengan menggunakan perhitungan rumus no-2 maka kita akan mendapat nilai  $R_o$  yang diinginkan.

Dimana diketahui  $V_{cc}$  adalah tegangan input power sensor,  $V_{out}$  adalah tegangan yang dikeluarkan sensor sebagai hasil dari pembacaan, dan  $R_L$  adalah hambatan output.

Rangkaian control juga dibutuhkan sebagai penunjang kerja sensor. Hingga dapat diprogram sedemikian rupa sesuai kebutuhan sehingga sensor dapat bekerja secara benar dan maksimal. Berikut adalah gambar rangkaian control sensor CO.

Setelah melakukan percobaan diatas maka kita akan mendapatkan hasil dan nilai – nilai sebagai berikut

- $V_{cc}$  : 4.98 V
- $V_{Ro}$  : 0.23 V
- ADC : 315
- RL : 2.340 Kohm
- $R_o$  : 50.616 Kohm

Setelah nilai RL diketahi maka berikutnya  $R_o$  akan menjadi acuan atau pembanding terhadap nilai  $R_s$  yaitu hambatan yang dipengaruhi oleh nilai kadar karbon monoksida. Sehingga hasilnya akan menentukan nilai PPM yang terdapat pada Grafik data.

Pada dasarnya nilai konsentrasi gas CO dalam satuan PPM dapat diketahui dengan cara mengambil beberapa data  $R_s$  (resistansi sensor MQ-7 pada tingkatan konsentrasi gas yang berbeda-beda) dan kemudian akan bekerja berdasarkan setiap perubahan konsentrasi gas CO.

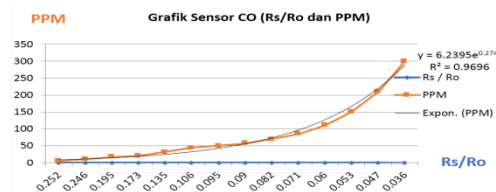
Pada tabel dibawah adalah hasil dari percobaan pengambilan data yang dilakukan dengan menggunakan karakteristik grafik data sheet. konsentrasi gas CO yang berbeda-

beda sehingga dapat dijabarkan dengan tabel tersebut. Sehingga akan diperoleh matematis grafiknya. Nilai pembacaan  $R_s$  yang dibaca oleh mikrokontroler dalam bentuk ADC kemudian akan diolah untuk mendapatkan nilai dari  $V_{out}$ ,  $R_o$ , dan  $R_s$ .

Tabel 6. Percobaan Kadar CO

| ADC  | Vout | $R_s$<br>(Kohm) | $R_s / R_o$ | PPM |
|------|------|-----------------|-------------|-----|
| 1005 | 0.74 | 27.021          | 0.252       | 5   |
| 1073 | 0.79 | 25.014          | 0.246       | 10  |
| 1329 | 1.0  | 18.354          | 0.195       | 17  |
| 1496 | 1.10 | 16.614          | 0.173       | 20  |
| 1765 | 1.29 | 13.367          | 0.135       | 32  |
| 2056 | 1.51 | 10.804          | 0.106       | 44  |
| 2147 | 1.57 | 10.155          | 0.095       | 50  |
| 2231 | 1.63 | 9.596           | 0.090       | 57  |
| 2314 | 1.70 | 9.084           | 0.082       | 70  |
| 2514 | 1.84 | 8.040           | 0.071       | 85  |
| 2947 | 2.16 | 6.126           | 0.060       | 110 |
| 3086 | 2.26 | 5.639           | 0.053       | 150 |
| 3317 | 2.43 | 4.915           | 0.047       | 210 |
| 3590 | 2.63 | 4.189           | 0.036       | 300 |

Dapat dilihat pada tabel 6 bahwa nilai ppm dapat diperoleh berdasarkan grafik dengan acuan nilai  $R_s/R_o$ . pada saat konsentrasi gas CO 5 ppm atau rendah maka nilai adc dan voltase rendah namun nilai  $R_s/R_o$  tinggi, begitu sebaliknya. Berikut adalah grafik yang mewakili perbandingan nilai tersebut.



Gambar 5. Grafik Sensor CO

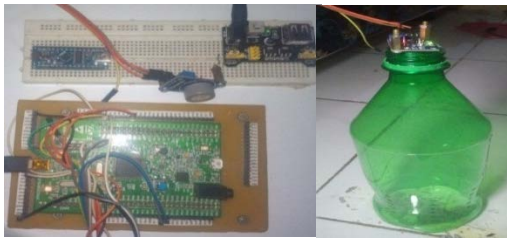
Gambar 5 adalah grafik yang mewakili tabel karakteristik data sheet. Dapat kita lihat nilai PPM dapat diketahui berdasarkan nilai dari  $R_s/R_o$ . Dengan menggunakan regresi (trendline) power maka diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$(y = 6.2395e^{0.274x}) \quad (5)$$

Rumus tersebut merupakan hubungan antara ppm CO dengan  $R_s/R_o$ . Trendline tersebut dipilih karena melihat bentuk kurva pada grafik.

Pembuktian dilakukan dengan menggunakan asap hasil pembakaran kertas atau kayu yang ditempatkan pada botol

dengan ukuran 1liter yang berfungsi sebagai ruang untuk memfokuskan konsentrasi gas. pada bagian atas botol kita pasang sensor MQ7 untuk mendeteksi kadar karbon monoksida. Dengan melakukan percobaan ini dapat diambil nilai - nilai yang dibutuhkan



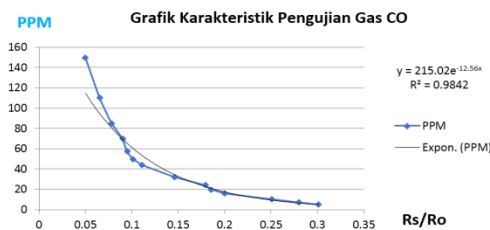
Gambar 6. Pengujian sensor CO

Setelah dilakukan pengujian tersebut maka akan didapat nilai niali berdasarkan tabel 7 berikut

Tabel 7. Hasil Pengujian CO

| ADC  | Vout | Rs     | Rs/R0 | PPM |
|------|------|--------|-------|-----|
| 887  | 0.65 | 15.436 | 0.301 | 5   |
| 954  | 0.7  | 14.334 | 0.28  | 7   |
| 1056 | 0.78 | 12.656 | 0.251 | 10  |
| 1243 | 0.92 | 10.231 | 0.2   | 16  |
| 1350 | 0.99 | 9.443  | 0.185 | 20  |
| 1386 | 1.04 | 9.146  | 0.179 | 24  |
| 1632 | 1.2  | 7.407  | 0.146 | 32  |
| 1993 | 1.46 | 5.641  | 0.111 | 44  |
| 2134 | 1.56 | 5.114  | 0.101 | 50  |
| 2252 | 1.64 | 4.72   | 0.095 | 57  |
| 2329 | 1.69 | 4.57   | 0.09  | 70  |
| 2539 | 1.84 | 3.982  | 0.078 | 85  |
| 2831 | 2.07 | 3.279  | 0.065 | 110 |

Gambar 7 adalah grafik yang mewakili tabel pengujian diatas.. Akan sedikit berbeda dengan grafik karakteristik datasheet karena nilai diambil berdasarkan kadar gas CO. Berikut adalah grafik pengujian kerateristik gas CO dengan satuan PPM berdasarkan perbandingan dengan nilai Rs/Ro.



Gambar 7. Pengujian sensor CO

Dapat kita lihat nilai PPM dapat diketahui berdasarkan nilai dari Rs/Ro. Dengan menggunakan regresi (Exponential) sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$(y=215.02e^{-12.56x}) \quad (6)$$

Rumus diatas merupakan hubungan antara ppm CO dengan Rs/Ro. Trendline tersebut dipilih karena dapat mewakili bentuk kurva pada grafik.

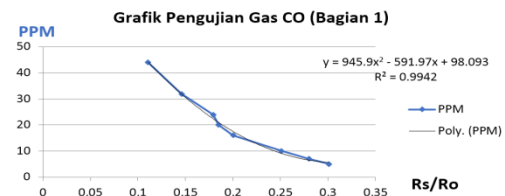
Dalam pengaplikasian rumus Exponential terhadap program STM32 akan mengalami kendala saat melakukan perhitungan integral dikarenakan bilangan pangkat memiliki nilai ygang tidak bulat memiliki koma dan mengalami perkalian mengakibatkan saat proses Download dilakukan terjadi Error pada program. Untuk itu solusi yang harus dilambil adalah menyederhanakan grafik dengan cara membagi menjadi beberapa bagian sehingga program sukses dalam melakukan perhitungan.

Berdasarkan penyederhanaan grafik dapat dibagi menjadi dua bagian dengan menggunakan rumus Polynomial dengan tabel 8 sebagai berikut.

Tabel 8. Hasil Pengujian CO (Bag.1)

| Rs/Ro | PPM |
|-------|-----|
| 0.301 | 5   |
| 0.28  | 7   |
| 0.251 | 10  |
| 0.2   | 16  |
| 0.185 | 20  |
| 0.179 | 24  |
| 0.146 | 32  |
| 0.111 | 44  |

Gambar 8 mewakili tabel pengujian bagian 1 meliputi nilai terkecil Rs/Ro=0.252 dengan nilai PPM= 5 hingga nilai medium Rs/Ro=0.106 dengan nilai PPM=44.



Gambar 8. Pengujian sensor CO Bag.1

Dapat kita lihat nilai PPM dapat diketahui berdasarkan nilai dari Rs/Ro. Dengan menggunakan regresi (Polynomial)

sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$(y = 945.9x^2 - 591.97x + 98.093) \quad (7)$$

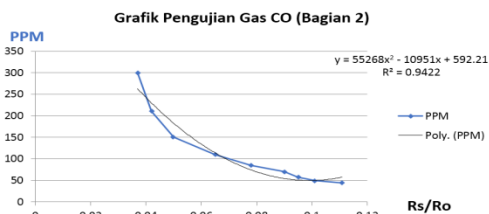
Rumus diatas merupakan perhitungan antara ppm CO dengan Rs/Ro yang akan dimasukkan kedalam program STM32 sebagai program CO bagian pertama.

Setelah medapatkan hasil perhitungan dari grafik pertama selanjutnya adalah perhitungan kdua Pengujian Gas CO. Berdasarkan penyederhanaan grafik dapat dibagi menjadi dua bagian dengan menggunakan rumus Polynomial dengan tabel 9 sebagai berikut.

Tabel 9. Hasil Pengujian CO (Bag.2)

| Rs/R0 | PPM |
|-------|-----|
| 0.101 | 50  |
| 0.095 | 57  |
| 0.09  | 70  |
| 0.078 | 85  |
| 0.065 | 110 |
| 0.05  | 150 |

Gambar 9 mewakili tabel pengujian bagian 1 meliputi nilai medium Rs/Ro= 0.095 dengan nilai PPM= 50 hingga nilai tertinggi Rs/Ro= 0.036 dengan nilai PPM=300.



Gambar 9. Pengujian sensor CO Bag.2

Dapat kita lihat nilai PPM dapat diketahui berdasarkan nilai dari Rs/Ro. Dengan menggunakan regresi (Polynomial) sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$(y = 55268x^2 - 10951x + 592.21) \quad (8)$$

Rumus diatas merupakan perhitungan antara ppm CO dengan Rs/Ro yang akan dimasukkan kedalam program STM32 sebagai program CO bagian kedua.

Tabel 10 merupakan Tabel karakteristik Sensitivitas MQ-7 yang akan membuktikan bahwa pengujian yang diambil telah memenuhi standar dari karakteristk datasheet.

Tabel 10. Karakteristik Sensitivitas MQ-7

| Output Voltage | Vs | 2.2V - 4.3V (in 150ppmCO)                      |
|----------------|----|--|
| Slope          | A  | $\leq 0.6(R_{300ppm}/R_{50ppm} CO) \quad (10)$ |

Berdasarkan pengujian melalui data sheet didapat nilai Output Voltage (VS) dalam konsentrasi gas CO = 150 ppm maka nilai Vs harus berada diantara 2.2V - 4.3V dan terbukti bahwa nilai Vs saat CO = 150 dengan tegangan Vresistansi sensor (Rs) di 300 ppm dan 150 ppm dimana hasilnya harus sesuai dengan batas yang telah ditentukan oleh data sheet. Sehingga dapat dipastikan sensor bekerja secara benar dan tepat. Berikut adalah perhitungannya,

$$Rs(300ppm)/ Rs(50ppm CO) \leq 0.6 \quad (9)$$

$$(1.752 \text{ k}\Omega) / 5.114\text{k}\Omega) \leq 0.6 \quad (10)$$

$$0.342 \leq 0.6 \quad (11)$$

Dengan menggunakan perumpamaan tersebut nilai Concentration Slope Rate sudah bernilai  $\leq 0.6$ . Maka dapat dipastikan bahwa nilai Concentration Slope Rate pada saat konsentrasi gas CO sebesar 300 ppm akan bernilai  $\leq 0.6$ . Dengan demikian sensitivitas sensor MQ-7 yang digunakan sudah sesuai dengan karakteristik.

Tabel 11. Karakteristik Sensitivitas MQ-7

| Parameter          | Parameter Teknis | Hasil | Ket.   |
|--------------------|------------------|-------|--------|
| Vs 150 ppm CO      | 2.2V - 4.3V      | 2.26V | Sesuai |
| (300ppm/50 ppm) CO | $\leq 0.6$       | 0.342 | Sesuai |

### Pengujian Sensor Debu GP2Y1010AU0F

Konversi sensor debu GP2Y1010AU0F kedalam nilai ppm memiliki kesamaan dengan sensor MQ7 yaitu dengan menentukan nilai adc dan tegangan input sensor terhadap STM32F4. Namun perbedaan terdapat pada cara kerja sensor, sensor debu membutuhkan tiap satu gelombang pulsa untuk pengambilan data ADC, yaitu dengan cara memberikan tegangan tertentu dengan waktu yang ditentukan sehingga dapat mengasilkan output ADC yang diinginkan.

Berdasarkan gambar schematic dari data sheet kondisi led akan hidup jika port 3 mendapat tegangan 0 volt, dan akan mati saat mendapat tegangan 5 volt. Selama LED hidup dalam jangka waktu 0.28ms sesuai data sampling pulsa output bersama dengan itu nilai ADC akan diambil. Berdasarkan

pengambilan nilai ADC dilakukan maka akan diperoleh data tegangan input, yang keduanya akan kembali dikonversikan kedalam satuan ppm. Dalam pengambilan nilai ppm harus diketahui terlebih dahulu nilai tegangan output yang dikeluarkan sensor, yaitu tegangan hasil pembacaan sensor terhadap debu. Dengan demikian dapat diketahui nilai ppm dari hasil output voltase sensor. Untuk mengetahui output voltase harus menggunakan rumus berdasarkan metode penelitian.

Sehingga dengan hasil rumus tersebut dapat diketahui nilai output voltase untuk kemudian dapat diketahui nilai ppm berdasarkan grafik data sheet sesuai table 11 berikut.

Tabel 11. Karakteristik Sensitivitas MQ-7

| No. | Vout | ug/m <sup>3</sup> |
|-----|------|-------------------|
| 1.  | 0.6  | 0                 |
| 2.  | 1.2  | 100               |
| 3.  | 1.7  | 200               |
| 4.  | 2.25 | 300               |
| 5.  | 3    | 400               |
| 6.  | 3.5  | 500               |
| 7.  | 3.7  | 600               |
| 8.  | 3.7  | 700               |
| 9.  | 3.7  | 800               |
| 10. | 3.7  | 900               |

Pengujian alat dilakukan dengan cara memasukkan debu secara terus menerus untuk dilakukan pengambilan data sehingga dapat diketahui nilai tegangan output yang dihasilkan. Perhitungan tegangan output harus menggunakan rumus pada metode penelitian sehingga sesuai dengan perumusan yang ada.



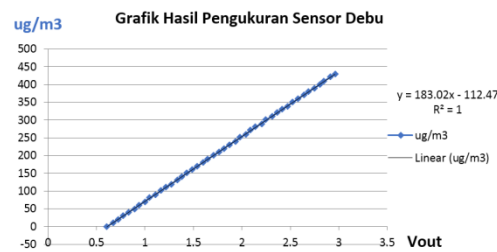
Gambar 11. Pengujian Alat

Setelah melakukan pengujian alat maka dapat diambil beberapa nilai yang menjadi hasil untuk kemudian dijadikan acuan. Berdasarkan data sheet pengambilan data atau nilai ug/m<sup>3</sup> berbanding lurus dengan besarnya tegangan output sehingga

tabel berbentuk linier. Hasil pengujian alat dapat disimpulkan melalui tabel dibawah.

Tabel 12. Pengujian Alat

| No | Adc  | Vout | ug/m <sup>3</sup> |
|----|------|------|-------------------|
| 1  | 818  | 0.61 | 0                 |
| 2  | 892  | 0.67 | 10                |
| 3  | 966  | 0.72 | 20                |
| 4  | 1040 | 0.78 | 30                |
| 5  | 1114 | 0.83 | 40                |
| 6  | 1188 | 0.89 | 50                |
| 7  | 1263 | 0.94 | 60                |
| 8  | 1337 | 1.00 | 70                |
| 9  | 1411 | 1.05 | 80                |
| 10 | 1485 | 1.11 | 90                |
| 11 | 1559 | 1.16 | 100               |
| 12 | 1634 | 1.22 | 110               |
| 13 | 1708 | 1.27 | 120               |
| 14 | 1782 | 1.33 | 130               |
| 15 | 1856 | 1.38 | 140               |
| 16 | 1930 | 1.43 | 150               |
| 17 | 2004 | 1.49 | 160               |
| 18 | 2079 | 1.54 | 170               |
| 19 | 2153 | 1.60 | 180               |
| 20 | 2227 | 1.65 | 190               |
| 21 | 2301 | 1.71 | 200               |
| 22 | 2375 | 1.76 | 210               |
| 23 | 2450 | 1.82 | 220               |
| 24 | 2524 | 1.87 | 230               |
| 25 | 2598 | 1.93 | 240               |
| 26 | 2672 | 1.98 | 250               |
| 27 | 2746 | 2.04 | 260               |
| 28 | 2820 | 2.09 | 270               |



Gambar 12. Pengujian Alat

Dapat kita lihat pada gambar 12, grafik yang mewakili tabel karakteristik pengujian debu. Nilai ug/m<sup>3</sup> dapat diketahui berdasarkan nilai dari Vout. Dengan menggunakan regresi (linier) maka diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$(y = 183.02x - 112.47) \quad (11)$$

Rumus diatas merupakan perbandingan antara Vout dengan nilai debu. Mode Linier tersebut dipilih karena dapat mewakili perhitungan pada grafik. Hal ini membuktikan bahwa variabel konsentrasi partikel debu (ug/m<sup>3</sup>) dipengaruhi variabel tegangan (Vout).



Tabel 13. Monitoring Debu dan Karbon Monoksida.

| L<br>o<br>k<br>a<br>s<br>i | P<br>e<br>r<br>c<br>o<br>b<br>a<br>a<br>n | Input     |                         |          | Output             |              |              |              |
|----------------------------|---|-----------|-------------------------|----------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
|                            |   | CO        | PM10                    | Suhu     | CO                 | PM10         | Buzzer       | Suhu         |
|                            |   | Nilai ppm | Nilai ug/m <sup>3</sup> | Nilai °C | Status Level       | Status Level | Status Level | Status Level |
| 1                          | 1   | 13        | 129                     | 33.2     | Tidak Sehat        | Sedang       | OFF          | Normal       |
|                            | 2   | 9         | 59                      | 33.3     | Sedang             | Normal       | OFF          | Normal       |
|                            | 3   | 12        | 72                      | 33.3     | Tidak Sehat        | Normal       | OFF          | Normal       |
|                            | 4   | 10        | 85                      | 33.6     | Tidak Sehat        | Normal       | OFF          | Normal       |
|                            | 5   | 14        | 113                     | 33.4     | Tidak Sehat        | Sedang       | OFF          | Normal       |
| 2                          | 6   | 21        | 123                     | 36.0     | Sangat Tidak Sehat | Sedang       | OFF          | Normal       |
|                            | 7   | 27        | 221                     | 35.7     | Sangat Tidak Sehat | Tidak Sehat  | OFF          | Normal       |
|                            | 8   | 23        | 133                     | 35.9     | Sangat Tidak Sehat | Sedang       | OFF          | Normal       |
|                            | 9   | 23        | 209                     | 35.6     | Sangat Tidak Sehat | Tidak Sehat  | OFF          | Normal       |
|                            | 10  | 20        | 149                     | 36.2     | Sangat Tidak Sehat | Sedang       | OFF          | Normal       |
| 3                          | 11  | 24        | 299                     | 36.5     | Sangat Tidak Sehat | Tidak Sehat  | OFF          | Normal       |
|                            | 12  | 23        | 219                     | 36.2     | Sangat Tidak Sehat | Tidak Sehat  | OFF          | Normal       |
|                            | 13  | 20        | 243                     | 36.2     | Sangat Tidak Sehat | Tidak Sehat  | OFF          | Normal       |
|                            | 14  | 27        | 303                     | 36.4     | Sangat Tidak Sehat | Tidak Sehat  | OFF          | Normal       |
|                            | 15  | 24        | 220                     | 37.0     | Sangat Tidak Sehat | Tidak Sehat  | OFF          | Normal       |
| 4                          | 16  | 27        | 237                     | 37.7     | Sangat Tidak Sehat | Tidak Sehat  | OFF          | Normal       |
|                            | 17  | 20        | 204                     | 37.2     | Sangat Tidak Sehat | Tidak Sehat  | OFF          | Normal       |
|                            | 18  | 23        | 282                     | 37.6     | Sangat Tidak Sehat | Tidak Sehat  | OFF          | Normal       |
|                            | 19  | 29        | 223                     | 37.4     | Sangat Tidak Sehat | Tidak Sehat  | OFF          | Normal       |
|                            | 20  | 18        | 187                     | 37.2     | Sangat Tidak Sehat | Tidak Sehat  | OFF          | Normal       |
| 5                          | 21  | 37        | 337                     | 38.7     | Berbahaya          | Tidak Sehat  | ON           | Normal       |
|                            | 22  | 33        | 259                     | 38.6     | Sangat Tidak Sehat | Tidak Sehat  | OFF          | Normal       |
|                            | 23  | 39        | 364                     | 38.4     | Berbahaya          | Tidak Sehat  | ON           | Normal       |
|                            | 24  | 27        | 317                     | 39.0     | Berbahaya          | Tidak Sehat  | ON           | Normal       |
|                            | 25  | 34        | 301                     | 38.7     | Sangat Tidak Sehat | Tidak Sehat  | OFF          | Normal       |

### Pengujian Alat Keseluruhan

Berdasarkan perencanaan pada metode penelitian dan perancangn sistem hardware dan software sehingga dihasilkan alat yang sesuai dan setandart. Pengujian ini adalah hasil dari pengujian pengujian alat sebelumnya yang dirangkai menjadi sebuah alat untuk kegiatan monitoring debu dan karbon monoksida dengan indikator dan sasuai level beserta tingkatannya sehingga sesuai dengan indeks standar pencemaran udara (ISPU). Dengan STM32F4 Discovery

pengaplikasian alat dapat dilakukan baik sesuai dengan perencanaan. Pengujian dilakukan sama halnya dengan seluruh pengujian hardware pada khususnya. Pengambiln data dilakukan berdasarkan susunan tabel yang telah disusun dengan tujuan mendapat beberapa hasil yang diperlukan dan akan disesuaikan dimana alat monitoring dapat di aplikasikan secara permanen. Sehingga didapat data secara keseluruhan sesuai tabel perencanaan

monitoring berdasarkan metode penelitian yang telah dilakukan.

Pengambilan data pada lokasi ke-1 dilakukan di luar ruangan boiler. Pengambilan data lokasi ke-2 dilakukan didalam ruang kerja boiler, pada boiler bagian depan. Pengambilan data lokasi ke-3 dilakukan di dalam ruang kerja boiler, pada tempat kerja operator. Pengambilan data lokasi ke-4 dilakukan didalam ruang kerja boiler, di area panel control boiler. Pengambilan data lokasi ke-5 dilakukan di dalam ruang kerja boiler, pada bagian belakang boiler tepatnya di area cerobong pembuangan. Data – data tersebut dikumpulkan sesuai dengan tabel perencanaan monitoring, sehingga didapatkan hasil yang sesuai dengan nilai-nilai yang terinput pada tabel Tabel 13. yaitu tabel Monitoring Debu dan Karbon Monoksida.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian alat rancang bangun alat Sistem Monitoring Polusi Udara Berdasarkan Debu dan Karbon Monoksida Pada Lingkungan Kerja Boiler Batubara Di PT. KARUNIA ALAM SEGAR yang telah dilakukan, maka dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sensor CO menggunakan persamaan regresi (Exponential) sehingga diperoleh persamaan ( $y = 215.02e^{12.56x}$ ) yang merupakan hubungan antara ppm CO dengan Rs/Ro. Namun dalam proses pemrograman menggunakan dua regresi Polynomial untuk memudahkan proses pemrograman. Pada konsentrasi CO dengan nilai terkecil Rs/Ro=0.252 dan nilai PPM= 5 hingga nilai tertinggi Rs/Ro= 0.036 dengan nilai 300. ADC STM32 hanya bekerja hingga maksimal 12 bit output dengan nilai  $2^{12}-1= 4096$  dengan tegangan maksimal 3v DC.
2. Pada sensor Debu Sharp GP2Y1010AU0F, nilai ug/m<sup>3</sup> dapat diketahui berdasarkan nilai dari Vout, bahwa semakin tinggi nilai tegangan output yang dihasilkan maka semakin tinggi nilai konsentrasi debu.. Dengan menggunakan regresi linier maka diperoleh persamaan ( $y = 183.02x - 112.47$ ) yang merupakan perbandingan antara Vout dengan nilai debu. Mode

Linier tersebut dipilih karena dapat mewakili perhitungan pada grafik.

3. Dari 25 kali pengujian di 5 lokasi berbeda maka dapat diambil kesimpulan Sistem Monitoring Polusi Udara Berdasarkan Debu Dan Karbon Monoksida Pada Lingkungan Kerja Boiler Batubara Di Pt. Karunia Alam Segar. Status level aman berada pada percobaan pertama yang dilakukan di luar ruangan boiler, dan status paling berbahaya berada pada percobaan kelima yaitu dalam ruangan boiler dibagian cerobong pembuangan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan tahun 2018 dengan dukungan dana dari Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Kemenristekdikti. Oleh sebab itu, ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Kemenristekdikti yang telah memberikan dukungan dana sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Greenpeace indonesia. *Kita, Batubara Dan Polusi Udara*. Agustus, 2015.
- Hanwei Electronics Co ., Ltd . *Technical Data MQ-7 Gas Sensor*.  
<http://www.hwsensor.com>
- Hermawan, Asep & Hananto, Miko & Lasut, Doni. (2016). *Peningkatan Indeks Standar Pencemaran Udara (Ispu) Dan Kejadian Gangguan Saluran Pernapasan Di Kota PEKANBARU*. Jurnal Ekologi Kesehatan. 15. 10.22435/jek.v15i2.4618.76-86.
- Sharp. Application note of Sharp dust sensor GP2Y1010AU0F. Sheet No.: OP13024EN
- STM32F4 Discovery. 2017. STMicroelectronics. USA.