

PEMANTAUAN KUALITAS UDARA POLUTAN GAS CO Dan CO₂ BERBASIS IoT

Hardian Setya Dharma Putra, Resmana Lim, Iwan Handoyo Putro

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

E-Mail: hardiansety64@gmail.com ; resmana@petra.ac.id ; iwanhp@petra.ac.id

Abstrak - Sebagian besar sistem pemantauan udara yang ada belum dapat terkoneksi melalui jaringan internet, oleh karenanya alat pemantau udara tersebut hanya dapat dipantau dan dikendalikan secara lokal.

Dalam TA ini akan dibuat alat pemantau kualitas udara polutan CO dan CO₂ berbasis *IoT* (Internet of Things). Dalam pembuatan alat pemantau polutan udara menggunakan sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas CO dan menggunakan sensor MH-Z19 untuk memantau gas CO₂. Perbedaan dengan alat-alat yang telah dibuat sebelumnya yang sebagian besar menggunakan sensor tipe TGS yaitu harga yang lebih murah. Dengan adanya alat pemantau kualitas udara yang dibuat dalam TA ini dapat diakses melalui *website* ataupun *handphone* dengan aplikasi Blynk.

Hasil dalam pembuatan sistem pemantau polutan udara berbasis *IoT* adalah mudahnya pemantauan gas polutan udara khususnya gas CO dan CO₂. Dalam pembacaan besaran gas CO dan CO₂ alat pemantau polutan udara berbasis *IoT* memiliki tingkat kesalahan pembacaan gas CO sebesar 0% dan gas CO₂ sebesar 97%-98 %. Besar *error* pembacaan sensor gas CO₂ dikarenakan sensor untuk kalibrasi tidak memiliki spesifikasi yang sama dengan sensor yang digunakan. Pemantauan polutan udara terdiri dalam tiga tampilan yaitu tampilan berupa *website*, aplikasi Blynk dan perangkat LCD 20x4.

Kata Kunci— *Wemos D1, Internet of Things, IoT, ESP8266, Pemantauan Kualitas Udara.*

I. PENDAHULUAN

Udara merupakan salah satu bagian penting di dalam kehidupan makhluk hidup khususnya manusia. Sehingga udara merupakan unsur penting yang harus dilindungi. Oleh karena itu udara haruslah di jaga dan dimanfaatkan dengan baik untuk generasi selanjutnya. Untuk dapat menjaga kualitas udara yang baik maka pemantauan kualitas udara sangatlah penting dilakukan.

Di kota-kota besar, kontribusi gas buang kendaraan bermotor sebagai sumber polusi udara mencapai 60-70%. Sedangkan kontribusi gas buang dari cerobong asap industri hanya berkisar 10-15%, sisanya berasal dari sumber pembakaran lain, misalnya dari rumah tangga, pembakaran sampah, kebakaran hutan, dll [1].

Di tempat industri sendiri memiliki sistem audit yaitu ISO 14000. ISO 14000 adalah suatu badan audit yang memantau standart yang berhubungan dengan manajemen lingkungan secara turun langsung kelapangan untuk memantau yang dilakukan sesera berkala. Audit Lingkungan adalah suatu pemeriksaan yang sistematis,

terdokumentasi secara periodik dan objektif berdasarkan aturan yang ada terhadap fasilitas operasi dan praktek yang berkaitan dengan pentaatan kebutuhan lingkungan [2].

Internet of Things (IoT) merupakan suatu sistem dimana menggabungkan semua perangkat agar dapat dikontrol maupun terpantau melalui koneksi internet. Oleh karena itu untuk tugas akhir ini dibuatlah sistem yang mampu memantau dan mengontrol kualitas udara melalui koneksi internet. Banyak sistem pemantauan udara yang telah dibuat namun semua itu belum dapat terkoneksi melalui internet malainkan hanya dapat dipantau dan dikontrol secara lokal atau secara dekat. Biasanya penampilan kualitas udara melalui LCD saja, dengan adanya sistem pemantauan kualitas udara dengan sistem *IoT* maka informasi kualitas udara dapat terpantau melalui internet sehingga dapat dipantau kapan saja dan dimana saja.

Penelitian sebelumnya telah dibuat alat deteksi dan monitoring polusi udara berbasis *Array* sensor gas[3]. Pada pembuatan alat ini mereka menggunakan sensor TGS 2201, TGS 822, TGS 2620, TGS 2602, TGS 2611 dan TGS 2600. Jenis polusi yang dideteksi dan dimonitoring gas-gas polutan hidrogen sulfida (H₂S), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), etanol (C₂H₅OH), amoniak (NH₃), butana (C₄H₁₀), dan hidrogen (H₂).

Alat pendeteksi kadar gas buang (CO) kendaraan bermotor roda dua menggunakan sensor TGS 2600 [4]. Dari pembuatan alat tersebut menentukan kendaraan tersebut layak atau tidak jika dipakai. Sedangkan penampilan data menggunakan LCD

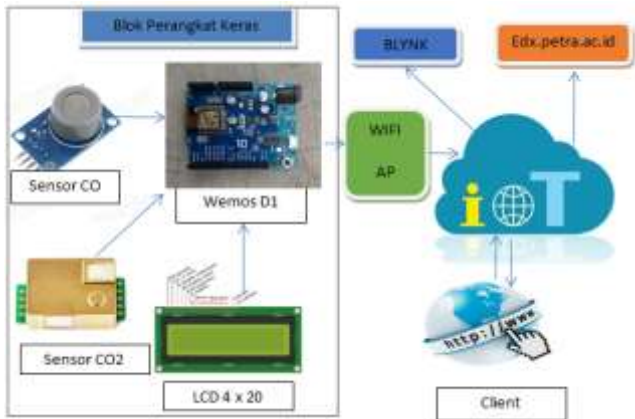
Alat selanjutnya memonitoring kandungan karbon dioksida dalam sebuah model ruang berbasis mikrokontroler ATMEGA 8535 [5]. Alat tersebut menggunakan sensor TGS 4161. Untuk menampilkan data pembacaan sensor mereka menggunakan LCD sebagai penampilan data yang terbaca oleh sensor. Namun pada semua proyek yang dikerjakan mereka hanya menampilkan data menggunakan LCD secara lokal, sehingga data hanya dapat terakses dari jarak dekat dan oleh orang-orang yang berada disekitar pemantauan LCD.

Dalam TA ini akan dibuat alat pemantau kualitas udara polutan CO dan CO₂ berbasis *IoT* (Internet of Things). Dengan adanya alat pemantau kualitas udara yang dapat diakses oleh semua orang melalui *website* diharapkan masyarakat lebih dapat lagi memantau dan menjaga kualitas.

II. PERENCANAAN SISTEM

2 Rancangan Sistem Keseluruhan

Rancangan sistem keseluruhan dalam pembuatan sistem pemantauan polutan udara berbasis IoT dapat dilihat pada Gambar 1. Terdapat 2 sensor MQ-7 yang berfungsi sebagai pendeteksi besaran konsentrasi gas CO dan MH-Z19 yang berfungsi sebagai pendeteksi besaran konsentrasi gas CO₂. Untuk menampilkan data dapat dilakukan melalui LCD, aplikasi Blynk, dan Website.



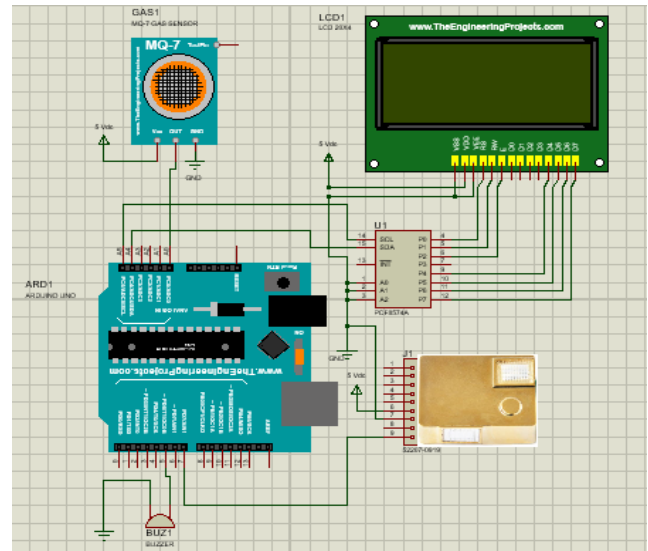
Gambar 1 Diagram Rangkaian dan Komunikasi Diagram

Dalam proses pemantauan kualitas udara polutan CO dan CO₂ berbasis IoT terdapat dua bagian yang harus dilakukan. Dalam bagian pertama perencanaan bagian perangkat keras (*hardware*), pada bagian ini terdiri dari *board* Wemos pemrograman untuk dapat terhubung dengan dua sensor yaitu sensor gas CO dan gas CO₂ serta LCD untuk menampilkan data. Sedangkan bagian kedua yaitu perencanaan perangkat lunak (*software*) dimana pada bagian ini berisi tentang kode pemrograman *board* Wemos D1 untuk dapat terhubung dengan Blynk, sensor, LCD, dan basis data dan pemrograman Laravel dalam pembuatan *website*. *Website* dan Blynk digunakan untuk memantau data yang terbaca oleh sensor melalui jarak jauh. *Website* dapat diakses melalui *browser* sedangkan aplikasi Blynk dapat mengakses data melalui perangkat *handphone*.

2.1 Rancangan Sistem Perangkat Keras

Perangkat keras tersebut terdiri dari sensor MQ-7, LCD 4x20, Buzzer dan MH-Z19 yang berfungsi untuk membaca besaran polutan khususnya gas CO, menampilkan data, berbunyi ketika kadar melebihi batas normal dan mendeteksi kadar gas CO₂. Perangkat keras selanjutnya adalah Wemos D1 yang merupakan otak dari sistem pemantauan polutan gas CO dan CO₂.

Wemos dapat beroperasi *stand-alone* tanpa perlu harus menambah perangkat mikrokontroler lain. Perangkat buzzer digunakan sebagai alarm untuk mengingatkan bahwa polutan gas CO maupun CO₂ telah melewati ambang batas normal. Perangkat keras yang terakhir yaitu LCD yang berfungsi untuk menampilkan data yang terbaca oleh sensor gas CO dan CO₂. LCD yang digunakan pada *project* ini yaitu LCD 4 x 20 yang berarti LCD tersebut terdiri dari 4 baris dan 20 karakter. Untuk mengetahui hubungan koneksi Wemos D1 dengan perangkat keras keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Rancangan skematik Hardware

2. Rancangan Perangkat Lunak Wemos D1 dengan Arduino IDE

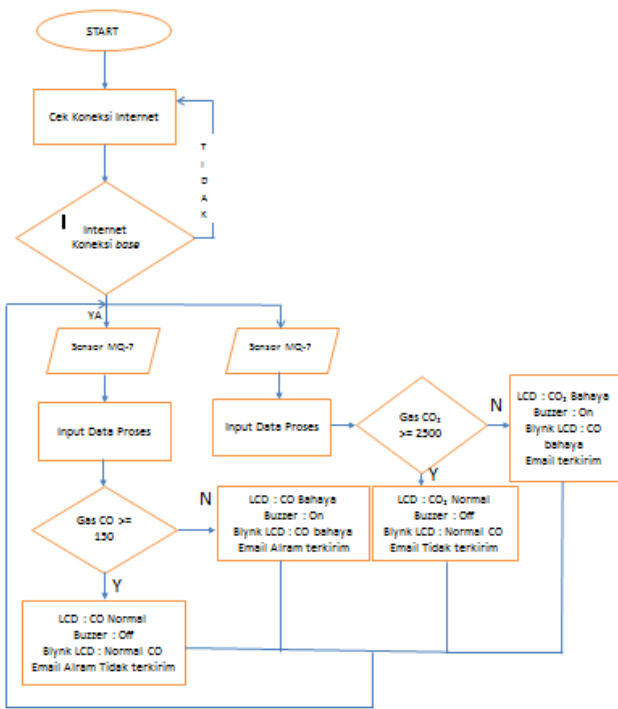
Dalam perencanaan sistem perangkat lunak antara Wemos D1 dengan Arduino IDE terdapat beberapa proses diantaranya instalasi Arduino IDE untuk pemrograman Wemos D1 dan konfigurasi pemrograman Wemos D1 dengan Arduino IDE.

2.1 Konfigurasi Pemrograman Wemos D1 dengan Arduino IDE

Pemrograman pada *board* Wemos D1 dengan Arduino IDE terdiri dari beberapa bagian agar sistem pemantauan kualitas udara dapat berjalan dengan seharusnya. Oleh karena itu untuk membuat sistem tersebut ada beberapa proses yang harus dilakukan, proses tersebut sebagai berikut :

- Pembacaan sensor MQ-7.
- Pembacaan sensor MH-Z19.
- Penampilan data dari sensor ke LCD 4 x 20.
- Pengiriman data sensor yang terbaca ke aplikasi Blynk.
- Pengiriman *Http request GET* untuk men *insert* data ke basis data sistem, dan memberikan notifikasi *email*.

Alur pemrograman Wemos menggunakan Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Flowchart Program Wemos

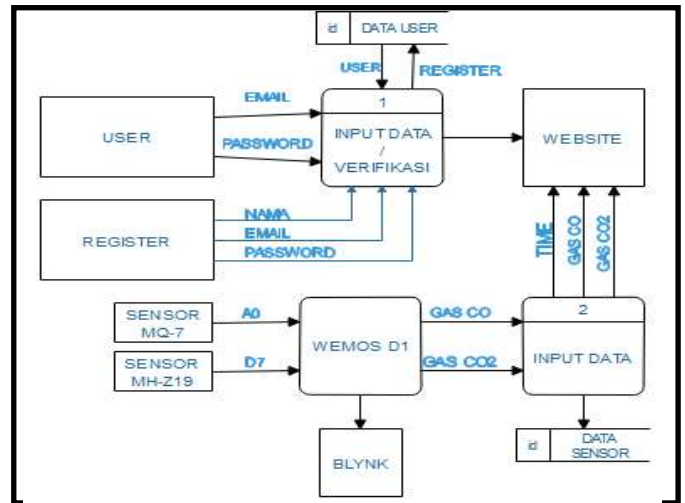
2.2 Rancangan Perangkat Lunak Laravel

Pada konfigurasi pembuatan Website dengan Laravel terdiri dari beberapa bagian agar sistem pemantauan kualitas udara dapat berjalan dengan seharusnya. Oleh karena itu untuk membuat sistem tersebut ada beberapa proses yang harus dilakukan, proses tersebut sebagai berikut :

- Hubungan data pada basis data.
- Menghubungkan Laravel dengan basis data.
- Pengambilan data gas CO pada basis data.
- Pengambilan data gas CO₂ pada basis data.
- Konfigurasi *Route*.
- Konfigurasi *Controller Login*.
- Konfigurasi *Controller Register*.
- Design *Chart* dan *Controller*.

2.2.1 Data Flow Diagram (DFD) Sistem Monitoring Polutan Udara

DFD berfungsi menerangkan alur data pada suatu sistem. DFD pada sistem monitoring polutan udara dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 4 dapat dilihat bahwa data yang diambil dari basis data sensor dapat ditampilkan pada website yaitu data gas CO dan CO₂. Data gas CO dan CO₂ yang tersimpan pada basis data sensor dikirim melalui koneksi WiFi pada perangkat Wemos yang dihubungkan dengan bahasa pemrograman PHP.



Gambar 4 DFD Sistem Monitoring Polutan Udara

III. PENGUJIAN SISTEM

Pada bab pengujian sistem terdapat 2 sistem yang akan diuji diantaranya pengujian sistem perangkat keras dan pengujian aplikasi dan website/sistem perangkat lunak. Pengujian perangkat keras dilakukan dengan mencoba fungsi perangkat keras dan pada sistem perangkat lunak dilakukan pengujian fungsi-fungsi tampilan pada aplikasi Blynk dan website.

3.1 Kalibrasi Sensor CO dan CO₂

Kalibrasi sensor gas CO dan CO₂ bertujuan sebagai pembandingan pembacaan antara besaran sensor gas CO dan CO₂ dengan alat Tecnotest MOD 488 milik bengkel teknik mesin sehingga mengetahui besaran *error* pembacaan sensor. Kalibrasi dilakukan sebanyak dua kali dimana alat akan membaca besaran gas buang mobil Ayla dan Xenia.

Pengujian pertama yaitu membaca besaran gas buang mobil tipe Ayla dengan pembacaan alat tes Tecnotest MOD 488. Dalam pembacaan alat tersebut terlihat bahwa besaran gas CO sebesar 0.00 % Vol sedangkan besaran gas CO₂ sebesar 14,7 % Vol. Setelah mengetahui besaran pembacaan alat tes maka selanjutnya yaitu mengukur besaran gas buang kendaraan mobil Ayla dengan alat yang telah dibuat. Dalam pembacaan alat pemantau polutan udara terbaca besaran gas CO sebesar 21 PPM sedangkan gas CO₂ sebesar 3640 PPM.

Dengan metode yang sama pembacaan besaran gas buang kendaraan Xenia dengan alat Tecnotest MOD 488 pada gas CO sebesar 0,00 % Vol sedangkan gas CO₂ sebesar 14.2 % Vol seperti Gambar 1. Setelah mengetahui besaran pembacaan alat tes maka selanjutnya yaitu mengukur besaran gas buang kendaraan mobil Xenia dengan alat yang telah dibuat. Dalam pembacaan alat pemantau polutan udara terbaca besaran gas CO sebesar 14 PPM sedangkan gas CO₂ sebesar 2670 PPM. Data pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1.

Dalam melakukan kalibrasi alat dengan melakukan perbandingan pembacaan antara alat Tecnotes MOD 488 dengan alat yang dibuat terhadap besaran gas polutan CO dan CO₂, maka dapat disimpulkan bahwa *error* pembacaan saat dilakukan perbandingan gas buang pada mobil Ayla untuk gas CO adalah 0% sedangkan untuk pembacaan gas CO₂ adalah 97%-98%. Pembacaan besaran untuk gas CO masih dapat terdeteksi sehingga tidak memiliki *error*, namun dalam pembacaan untuk mendeteksi gas CO₂ alat

memiliki *error* sebesar 97%-98% dikarenakan sensor yang digunakan berbeda spesifikasi dan range pembacaan. Sensor yang digunakan untuk alat Tecnotest MOD 488 merupakan sensor untuk industri yang berfungsi mendeteksi emisi gas buang mobil dan memiliki rentang pembacaan yang tinggi sedangkan pada alat TA sensor digunakan untuk mendeteksi kualitas udara yang memiliki range pengukuran 0-5000 PPM.

Tabel 1 Pembacaan Gas Buang Mobil

Mobil	Gas Deteksi	Tecnotest MOD 488	Alat TA
Ayla	CO	0.00% Vol	21 PPM
	CO ₂	14,7 % Vol	3640 PPM
Xenia	CO	0.00% Vol	21 PPM
	CO ₂	14,2 % Vol	2670 PPM

3.2 Sistem Perangkat Keras

Sistem perangkat keras yang akan diuji terdiri dari pembacaan sensor MQ-7 untuk mendeteksi kadar polutan gas CO, sensor gas CO₂ dengan menggunakan sensor MH-Z19 serta menghubungkan Wemos D1 dengan jaringan WiFi. Hasil pengujian perangkat keras akan dianalisa sehingga dapat mengetahui hasil kerja sistem perangkat keras tersebut.

3.2.1 Pengujian Sensor Gas CO MQ-7

Sensor gas CO MQ-7 adalah sensor yang memiliki kepekaan terhadap polutan gas karbon monoksida. Dalam menggunakan sensor ini membutuhkan waktu untuk pemanasan pada alat pemanasan yang terdapat pada sensor. Waktu pemanasan sangat dibutuhkan untuk sensor dapat lebih sensitif dalam membaca gas karbon monoksida.

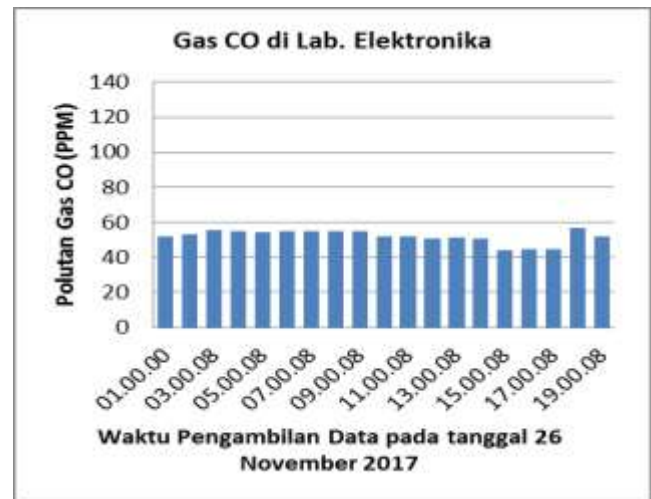
Dalam pengujian sensor gas CO MQ-7 sensor diletakkan pada warkop Bu Nur yang beralamat di Jalan Siwalankerto Selatan I No. 1 pada tanggal 30 November 2017 yang memiliki sumber gas CO yang berasal dari asap rokok. Pemberian gas CO yang berasal dari asap rokok berfungsi untuk melihat respon dari sensor apakah sensor dapat membaca besaran gas yang dikeluarkan oleh asap rokok. Untuk dapat membandingkan data kadar gas CO₂ penulis melakukan pengambilan terlebih dahulu pada tanggal 26 November 2017 di Lab Elektronika Universitas Kristen Petra yang memiliki kadar polutan gas CO lebih rendah.

Terlihat pada Gambar 5 merupakan grafik saat dilakukan pengujian di Lab Elektronika pada tanggal 26 November 2017, bahwa gas CO masih berada pada ambang batas normal. Nilai minimum CO pada Lab Elektronika adalah 44 PPM pada jam 15.00 dan kadar maksimum 57 PPM pada jam 18.00.

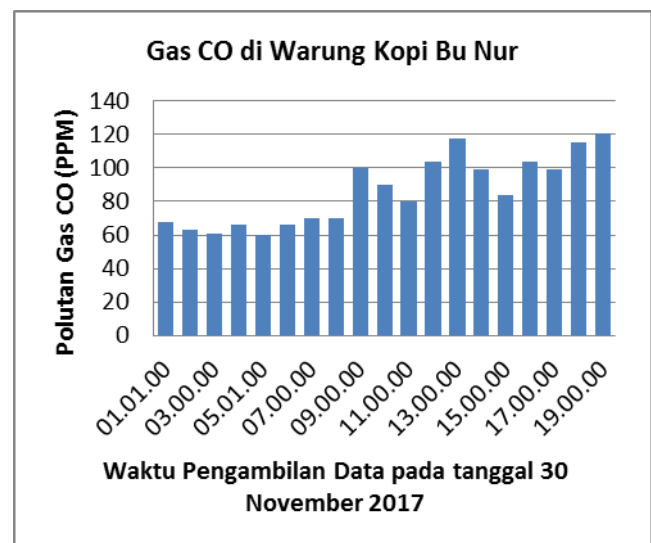
Gambar 6 yang merupakan grafik gas CO saat alat ditempatkan pada Warkop Bu Nur pada tanggal 30 November 2017 yang beralamat di Jalan Siwalankerto Selatan I No 1. Pada grafik tersebut juga dapat dilihat kadar polutan tertinggi sebesar 121 PPM pada jam 19.00

sedangkan kadar polutan rendah 50 PPM pada jam 21.00. Pengambilan data tersebut pada tanggal 30 November 2017.

Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa aktifitas dengan mengeluarkan kadar polutan CO lebih banyak pada jam 09.00 – 19.00. kadar polutan yang di pantau masih dianggap normal dikarenakan pada grafik pengujian Gambar 6 polutan yang melebihi batas normal hanya berlangsung antara 1 – 2 jam sehingga masihh berada pada ambang normal.



Gambar 5 Grafik Sensor Gas CO di Lab. Elektronika



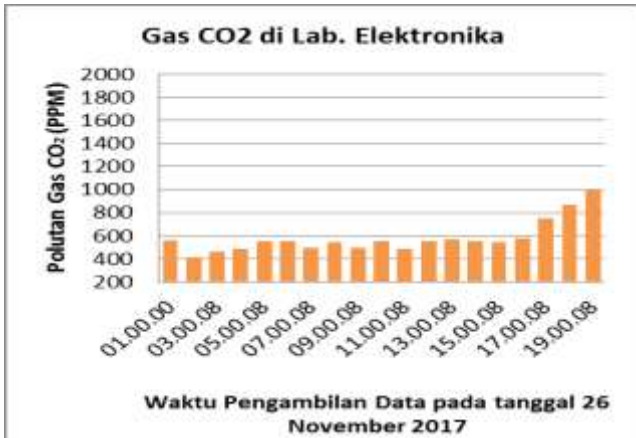
Gambar 6 Grafik Sensor Gas CO di Warkop

Untuk mendapatkan data pembacaan sensor MQ-7 yang akurat penulis sebelumnya telah melakukan pemanasan alat pada sensor tersebut. Alat sebelumnya dipasang pada tanggal 25 November 2017 dan data yang diambil pada hari selanjutnya yaitu tanggal 26 November 2017

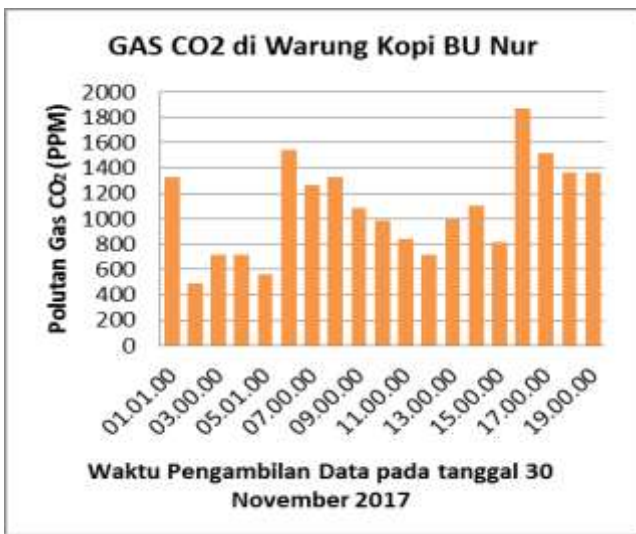
3.2.2 Pengujian Sensor Gas CO₂ MH-Z19

Sensor gas CO₂ MH-Z19 merupakan sensor yang memiliki kepetkaan terhadap gas dioksida. Untuk menggunakan sensor ini berbeda dengan sensor MQ-7 dimana sensor ini tidak membutuhkan waktu untuk pemanasan dikarenakan sensor ini menggunakan infrared gas dioksida.

Pengujian sensor MH-Z19 dilakukan dengan meletakkan alat pada diletakkan pada warkop Bu Nur pada tanggal 30 November 2017 yang beralamat di Jalan Siwalankerto Selatan I No. 1. Tempat tersebut dekat dengan jalan raya sehingga dapat memantau gas CO₂ yang berasal dari gas buang kendaraan bermotor yang lewat didepan tempat tersebut. Pemberian gas buang kendaraan bermotor berfungsi untuk mengetahui respon sensor gas CO₂ sehingga dapat menghasilkan besaran PPM untuk kadar gas CO₂. Untuk dapat membandingkan data kadar gas CO₂ penulis melakukan pengambilan terlebih dahulu pada tanggal 26 November 2017 di Lab Elektronika Universitas Kristen Petra yang memiliki kadar polutan gas CO₂ lebih rendah.



Gambar 7 Grafik Pengujian Sensor MH-Z19 di Lab.Elektronika



Gambar 8 Grafik Pengujian Sensor MH-Z19 di Warkop

Terlihat pada Gambar 7 merupakan grafik saat dilakukan pengujian di Lab Elektronika pada tanggal 26 November 2017, bahwa gas CO₂ masih berada pada ambang batas normal. Nilai minimum gas CO₂ pada Lab Elektronika adalah 416 PPM dan kadar maksimum 996 PPM. Terlihat pada grafik bahwa mulai jam 01.00 sampai 16.00 kadar polutan gas CO₂ stabil namun pada jam 17.00 sampai 19.00 meningkat dikarenakan adanya aktifitas menyolder rangkaian yang dekat dengan area tempat alat ditempatkan sehingga pada jam tersebut polutan gas CO₂ terdeteksi dan meningkat.

Gambar 8 yang merupakan grafik gas CO₂ saat alat ditempatkan pada Warkop Bu Nur yang beralamat

di Jalan Siwalankerto Selatan I No 1. Pada grafik dapat dilihat kadar polutan tertinggi sebesar 1864 PPM pada jam 16.00 sedangkan kadar polutan rendah 493 PPM pada jam 02.00. Pengambilan data tersebut pada tanggal 30 November 2017.

Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa aktifitas dengan mengeluarkan kadar polutan CO₂ pada tanggal 30 November 2017 lebih banyak pada jam pagi antara jam 06.00 – 09.00 dan pada jam malam pada jam 16.00 – 20.00. Pada jam tersebut merupakan aktifitas yang banyak menghasilkan polutan gas CO₂ dikarenakan pada jam pagi merupakan aktifitas awal orang berangkat bekerja ataupun kuliah, sedangkan pada jam malam merupakan jam dimana banyak karyawan ataupun mahasiswa yang pulang dari kuliah atau bekerja. Kadar polutan yang di pantau masih dianggap normal dikarenakan pada grafik pengujian Gambar 8 polutan yang melebihi batas normal hanya berlangsung antara 3 – 4 jam.

3.3 Sistem Perangkat Lunak (Software)

Pengujian sistem perangkat lunak terdiri dari beberapa bagian antara lain pengujian aplikasi Blynk dan website dalam menampilkan data yang terbaca oleh sensor.

3.3.1 Pengujian Aplikasi Blynk

Pengujian aplikasi Blynk dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan yang terdapat pada LCD sesuai dengan bacaan yang ditampilkan oleh aplikasi Blynk.

Gambar 9 menjelaskan bahawa tidak ada perbedaan antara pembacaan LCD dengan pembacaan aplikasi di Blynk. Pembacaan besaran data di aplikasi Blynk dengan LCD memiliki *delay* yang ber variasi. *Delay* yang terjadi tergantung dengan jaringan internet untuk menghubungkan ke di server.



Gambar 9 Pembacaan Aplikasi Blynk dengan LCD

3.3.2 Pengujian Website

Dalam melakukan pengujian website terdiri dari beberapa tahap yaitu pengujian registrasi akun, *login* akun, tampilan *home/dashboard*, tampilan tabel data dan notifikasi pada website. Pengujian dilakukan dengan menunjukan fungsi-fungsi pada website sistem pemantauan polutan udara telah berfungsi dengan seharusnya.

3.3.2.1 Pengujian Tampilan Home/ Dashboard

Pada menu *dashboard* terdapat isi menu yaitu *chart*. *Chart* berfungsi untuk menampilkan data dalam bentuk grafik dan *Gauge*. Grafik yang ditampilkan

merupakan data pembacaan sensor CO dan CO₂ yang tersimpan pada basis data. Penampilan data dalam bentuk grafik yaitu penampilan besaran gas CO dan CO₂ terhadap waktu pengambilan. Banyak data yang akan ditampilkan dalam bentuk grafik sebanyak 10 data. Tampilan *dashboard* dapat dilihat pada Gambar 10.

Tampilan *Gauge* merupakan tampilan *real time* besaran sensor gas CO dan CO₂. Besaran gas yang tampil pada *Gauge* juga dapat dilihat pada grafik pembacaan gas masing-masing. Besaran gas yang terbaca oleh *Gauge* akan ditampilkan pada posisi grafik paling kanan.



Gambar 10 Tampilan Home

3.3.2.2 Pengujian Tampilan Tabel Data

Pada pengujian tampilan tabel data yang terdapat pada menu Tabel dengan isi menu yaitu *History*. Fungsi tabel data yaitu menampilkan data besaran gas yang tersimpan pada basis data dalam bentuk tabel. Gambar 11 merupakan tampilan data tabel. Pada tabel tersebut terdapat tabel No, waktu, CO dan CO₂. Pada tabel No berisi dengan angka, tabel waktu berisi waktu pengambilan data yang tersimpan pada basis data. Pada tabel CO dan CO₂ berisi tampilan besaran gas CO dan CO₂ yang sesuai dengan waktu pengiriman data pada basis data. Tabel data akan menampilkan data sebanyak 10 data dan otomatis ter *update* apabila terdapat data baru yang tersimpan pada basis data. Tampilan data berupa tabel dapat dilihat pada Gambar 11.

Gambar 11 Tampilan Table Data

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dalam perencanaan pembuatan sistem pemantauan polutan udara berbasis *IoT*, serta beberapa saran untuk dapat mengembangkan sistem pemantauan polutan udara agar lebih baik.

4.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan sistem pemantauan polutan udara berbasis *IoT* terdapat beberapa kesimpulan:

- Alat yang digunakan sebagai acuan kalibrasi tidak memiliki kesamaan spesifikasi pengukuran khususnya sensor gas CO₂.
- Tingkat *error* pembacaan sensor gas CO setelah dikalibrasi yaitu sebesar 0% sedangkan pembacaan gas CO₂ memiliki *error* sebesar 97% - 98%.
- Kenaikan kadar gas CO tidak berbanding lurus dengan kenaikan kadar gas CO₂ begitupula sebaliknya.
- Kadar gas CO dan CO₂ di Lab. Elektronika masih berada pada ambang batas normal (Gas CO 44-57 PPM dan Gas CO₂ 416-996 PPM).
- Kadar gas CO di warkop Bu Nur tercatat melewati batas normal pada jam 12.00-19.00 dengan kadar 104-121 PPM.
- Kadar gas CO₂ di warkop Bu Nur mencapai nilai tertinggi pada pada jam 16.00 (1864 PPM) dan 07.00 (1546 PPM).

V. DAFTAR PUSTAKA

- Nugraha, T. (t.thn.). *Tutorial Dasar Laravel*. Dipetik November 08, 2017, dari <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwj-2KKY4a7XAhUW148KHSsyB-4QFggvMAE&url=http%3A%2F%2Fdnastudio.web.id%2Fmodul%2Ftutorial-dasar-laravel.pdf&usg=AOvVaw2L76WcMfv8GbrJvuuV973J>.
- Kodrat, K. F. (2002, Desember 2). *Sistem manajemen lingkungan ISO 14001*. Dipetik Juni 5, 2017, dari http://www.rudycct.com/PPS702-ipb/05123/kimberly_fk.htm.
- Jati, H. A., & Lelono, D. (2013, Oktober). *Deteksi dan monitoring polusi udara berbasis array*. Dipetik Juli 24, 2017, dari <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=149425&val=304&title=Deteksi%20dan%20Monitoring%20Polusi%20Udara%20Berbasis%20Array%20Sensor%20Gas>.
- Amril. (2010, Oktober). *Pendeteksi kadar gas buang (CO) kendaraan bermotor roda dua menggunakan sensor gas*. Dipetik Maret 8, 2017, dari <http://repo.polinpdg.ac.id/427/1/187-191-1-PB.pdf>
- Rahmi, D. A. (t.thn.). *Monitoring kandungan karbondioksida (CO₂) dalam sebuah model ruangan berbasis mikrokontroller ATMEGA8535*. Dipetik Juli 24, 2017, dari <http://eprints.undip.ac.id/25346/1/ML2F306022.pdf>