

RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI ALAT *LOW COST* SENSOR UNTUK PENDETEKSI KADAR KUALITAS UDARA PARTICULAT MATTER 10 DAN CO

Peblian Rahmadani, Ir.Kundang Karsono, MMSI
Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Ilmu Komputer Universitas Esa Unggul
Jalan Arjuna Utara No 9, Kebon Jeruk Jakarta 11510
Peblianrahmadani@esaunggul.ac.id

Abstract

Penelitian ini membahas tentang monitoring alat low cost sensor pendeteksi kualitas udara partikulat matter 10 (debu) dan gas co dengan memnggunakan mikrocontoler wemos, sensor dust PPD42NS dan sensor MQ07 yang terhubung dengan platform IoT ubidot sebagai monitoring, modul sensor PPD42NS sebagai detektor kualitas udara debu sekitar dan MQ-07 sebagai detektor kualitas udara gas, mengirimkan sinyal input untuk di proses oleh mikrokontroler wemos board, LCD pada alat low cost sebagai tampilan informasi dari alat low cost sensor dan web IoT sebagai monitoring secara realtime dalam pengukuran dalam bentuk grafik dan value data dari tiap sensor, alat low cost sensor ini dapat berguna sebagai alat pemantau kualitas udara pada lingkungan sekitar berguna untuk pentingnya kualitas udara yang sehat. Model yang diperlukan dalam penelitian ini mengacu pada yaitu yaitu ***Model Prototype*** dengan tahapannya yaitu: penelitian ini dimulai dengan proses komunikasi (***comunication***) untuk menentukan tujuan dan perencanaan cepat (***quick plan***) untuk mengidentifikasi kebutuhan dan pemodelan (***modeling quick design***) dari sistem yang dirancang. Tahap selanjutnya adalah kontruksi prototipe (***construction of prototype***) yang terkait dengan perakitan perangkat keras dan pemrograman. Setelah perangkat keras dan program selesai dibuat, maka tahap berikutnya adalah menyajikan sistem untuk dievaluasi (***deployment delivery and freedback***) oleh calon pengguna untuk mendapatkan masukan mengenai sistem yang telah dibuat dan untuk pengembangan selanjutnya.

Kata kunci : *Low Cost ,Sensor ,Kualitas udara, sensor PPD42NS ,MQ-07*

Abstract

This study discusses the monitoring of low cost sensor devices to detect air quality of particulate matter 10 (dust) and co gas by using microcontoler wemos, PPD42NS sensor dust and MQ07 sensors connected to the ubidot IoT platform as monitoring, PPD42NS sensor module as a surrounding air quality detector and MQ-07 as a gas air quality detector, sends input signals to be processed by the wemos board, LCD microcontroller in the low cost tool as a display of information from the low cost sensor and IoT web as realtime monitoring in measurements in graphical form and value data from each sensor, this low cost sensor tool can be useful as an air quality monitoring tool in the surrounding environment useful for the importance of healthy air quality. The model needed in this study refers to namely the Prototype Model with stages, namely: this study begins with the process of communication (comunication) to determine goals and quick planning to identify needs and modeling (modeling quick design) of the system designed. The next stage is the construction of a prototype (construction of prototype) related to hardware assembly and programming. After the hardware and program are completed, the next step is to present a system to be evaluated (deployment delivery and freedback) by prospective users to get input regarding the system that has been made and for further development.

Keywords : *Low Cost ,Sensor Kualitas, udara, sensor PPD42NS, MQ-07*

I. Pendahuluan

Udara merupakan komponen alam yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan makhluk hidup, tanpa udara tidak mungkin makhluk hidup bisa bertahan hidup, namun seiring dengan meningkatnya pembangunan fisik Perkotaan dan perkembangan industri-industri di sekitarnya, kualitas udara telah mengalami penurunan. Menurut (Lingkungan Hidup Pencemaran Udara) bumi yang kering mengandung 78% nitrogen, 21% oksigen, dan 1% uap air, karbon dioksida, dan gas-gas lain, Dalam aktivitas sehari-hari manusia dalam kehidupannya banyak menimbulkan polusi yang dapat berpengaruh terhadap udara sekitar, maka pengukuran dan pemantauan kualitas udara harus selalu dilakukan.

Pencemaran udara ini memerlukan pengendalian yang sungguh-sungguh dengan tujuan menurunkan tingkat pencemaran udara dari keadaan sebelumnya. Pencemaran udara akan mengakibatkan lingkungan atmosfer mengalami gangguan, sehingga fungsinya dalam ekosistem dapat menurun atau terganggu. Kendaraan bermotor merupakan salah satu sumber pencemar yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Emisi gas buang yang dihasilkan oleh setiap kendaraan menjadi sumber polusi utama yaitu sekitar 68% dari seluruh penyebab pencemaran udara di perkotaan Tangerang pada tahun 2017 (SLHD Tangerang ,2017).

Data Menurut Status Lingkungan Hidup Daerah Kota Tangerang pada Tahun 2017 , perkembangan jumlah kendaraan bermotor tiap tahunnya terus meningkat pada tahun 2017 mencapai 51.112 unit yang terdiri dari kendaraan beban, minibus, bus, truk, roda tiga, dan roda dua. Meningkatnya volume kendaraan yang sangat tinggi berakibatnya menghasilkan partikulat dan emisi gas Co buang, bagaimana proses dari emisi pembakaran sempurna pada kendaraan bermotor mengemisikan gas CO₂, sedangkan untuk pembakaran tidak sempurna mengemisikan gas CO yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambahnya volume kendaraan bermotor maka bertambahnya semakin meningkatnya pula konsentrasi pada gas-gas pencemar yang ada

di atmosfer sehingga melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Republik Indonesia di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara, untuk parameter CO sebesar 10.000 µg/Nm³ , PM₁₀ sebesar 150 µg/Nm³ .

Dalam menjaga dan memantau kualitas udara merupakan tanggung jawab kita bersama. Udara yang bersih akan menciptakan generasi yang sehat dan sebaliknya udara yang kotor akan membangun generasi yang rentan akan penyakit. Kualitas udara perkotaan di Indonesia menunjukkan kecenderungan menurun dalam dekade terakhir. Ekonomi kota yang tumbuh dan telah mendorong urbanisasi merupakan faktor terpenting yang mempengaruhi kualitas udara di perkotaan.

Dengan adanya Implementasi *Low Cost sensor* dalam pengukuran konsentrasi partikulat 10 maupun gas CO telah dikaji secara intensif selama beberapa tahun terakhir karena sifatnya yang mudah dibawa, mudah dioperasikan, biaya operasional murah, dan mampu mengukur konsentrasi partikel dengan cepat. Particle counter yang banyak digunakan begitu juga dalam penelitian ini adalah sensor PPD42N.

Penelitian ini menggunakan *Low Cost sensor* dari modul Shinyei PPD42NS dan modul MQ-7. Manfaat penelitian ini antara lain dapat membantu pemerintah dalam menentukan kebijakan lingkungan berdasarkan data lingkungan yang diperoleh dari pengukuran menggunakan alat *Low Cost sensor*. Penelitian menggunakan peralatan ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk pemantauan udara ambien dengan yang memiliki nilai pengukuran mendekati dengan nilai pengukuran yang menggunakan alat berstandar ISPU. penelitian ini antara lain dapat membantu pemerintah dalam menentukan kebijakan lingkungan berdasarkan data lingkungan yang diperoleh dari pengukuran menggunakan alat *Low Cost sensor*

II. Umum

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara, definisi pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain kedalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Sedangkan menurut Nevers (2011), pencemaran udara adalah kehadiran materi yang tidak diinginkan di udara dalam jumlah tertentu sehingga dapat menghasilkan dampak yang merusak..

A. Partikulat Matter 10 μ m (PM10)

Partikulat Matter yang melayang di udara berisikan campuran yang heterogen yaitu padat dan cair yang bercampur di dalam udara, dan terus bervariasi di dalam ukuran dan komposisi kimia. Partikel termasuk pencemar primer karena diemisikan secara langsung ke dalam atmosfer, seperti asap dari mesin diesel, Sedangkan untuk partikel sekunder dihasilkan melalui transformasi psikokimia gas, seperti nitrat dan sulfat dari formasi dari asam nitrat dan Sulfur dioxide(SO₂) (Brook R.D et al,2014).

Tabel 2.7 Kategori Konsentrasi PM₁₀ ISPU (Kep.Bapedal No.107, 1997)

ISPU	KATEGORI	RENTAN G
50	BAIK	0-50
100	SEDANG	51-100
200	TIDAK SEHAT	101-199
300	SANGAT TIDAK SEHAT	200-299
400	BERBAHAYA	300-LEBIH

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomer 41 Tahun 1999 tentang

pengendalian pencemaran udara ,pengaruh indeks standar pencemaran udara untuk parameter PM10.

1. Rentang Nilai 0 – 50 pada indeks standar pencemaran udara merupakan kategori baik, yaitu tidak ada efek yang terjadi.
2. Rentang Nilai 51 – 100 pada indeks standar pencemaran udara merupakan kategori sedang, yaitu penurunan pada jarak pandang
3. Rentang Nilai 101 – 119 pada indeks standar pencemaran udara merupakan kategori tidak sehat, yaitu jarak pandang turun dan terjadi pengotoran debu dimana mana.
4. Rentang Nilai 200 – 299 pada indeks standar pencemaran udara merupakan kategori sangat tidak sehat, yaitu meningkatnyasensivitaspada penderita penyakit asma dan bronchitis.
5. Rentang Nilai 300 – lebih pada indeks standar pencemaran udara merupakan kategori berbahaya, yaitu berbahaya pada semua populasi yang terpapar.

B. Gas Karbon Monoksida (CO)

Gas karbon monoksida adalah sejenis gas yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa dan tidak mudah larut dalam air, beracun dan berbahaya. Zat gas CO ini akan mengganggu pengikatan oksigen yang membentuk karboksihemoglobin (COHb) pada darah sehingga CO lebih mudah terikat oleh darah dibandingkan dengan oksigen dan gas-gas lainnya Paparan CO diketahui dapat mempengaruhi kerja jantung (sistem kardiovaskular), sistem saraf pusat, juga janin, dan semua organ tubuh yang peka terhadap kekurangan oksigen (Halmas, 2015).

Menurut Isnaini (2012) dalam skripsinya menjelaskan bahwa CO yang terdapat di atmosfer terbentuk dari salah satu proses berikut :Pembakaran yang tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon. Reaksi antar karbon

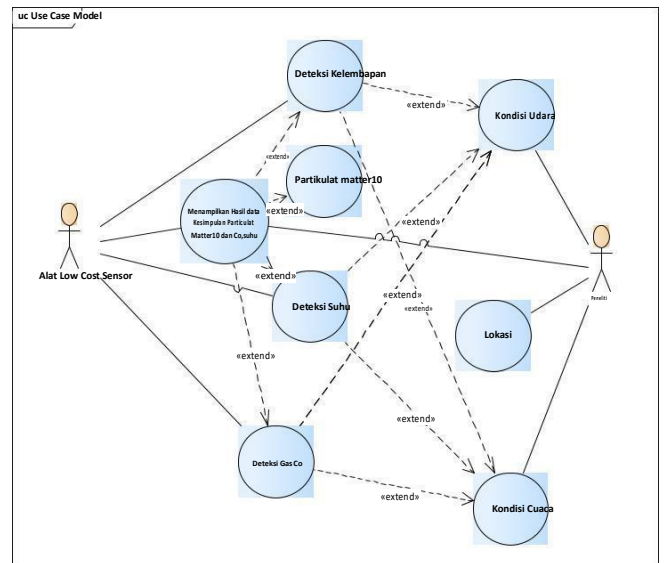
dioksida (CO₂).

III. Pengumpulan Data dan Informasi

Untuk melakukan analisis, maka diperlukan data dan informasi yang lengkap terkait dengan sistem yang akan dikembangkan. Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara:

1. Observasi yaitu pengumpulan data yang dilakukan di lapangan untuk memperoleh informasi serta data yang diperlukan guna mendapatkan gambaran mengenai situasi atau kejadian pada tempat penelitian.
2. Studi Pusaka, pengumpulan data dan informasi dengan cara *literature* berupa buku, surat kabar/majalah, *website* dan jurnal karya ilmiah yang dapat menjadi bahan referensi dalam pembuatan proposal tugas akhir ini.
3. Analisa yaitu digunakan ketika ingin mengidentifikasi kemungkinan penyebab masalah dan terutama ketika sebuah tim cenderung jatuh berpikir pada rutinitas.

Use Case Diagram

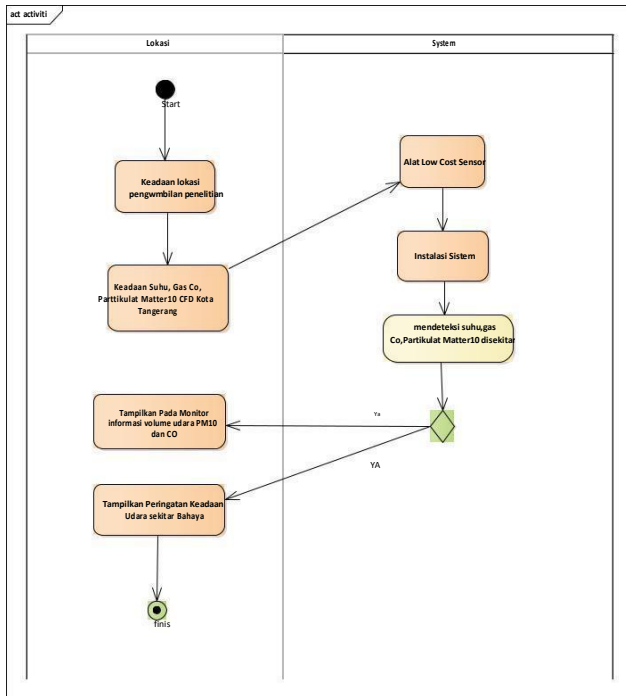


Gambar 3.4.1 Use Case Diagram

Penjelasan

1. Alat *Low Cost* Sensor, dapat mendeteksi kelembapan, suhu, partikulat matter, dan Gas 1. Co dengan ketentuan alat *Low Cost* Sensor berada pada di lingkungan sekitar.
2. Alat *Low Cost* Sensor, juga dapat menampilkan hasil Particulat matter10 dan CO sekitar berhasil dideteksi.
3. Alat *Low Cost* Sensor akan menampilkan dalam bentuk data yang didapat dari sensor
4. Peneliti mengecek sekitaran lokasi yang akan dilakukan penelitian.
5. Peneliti akan mengambil data yang di dapat oleh alat *Low Cost*.

Activiti Diagram



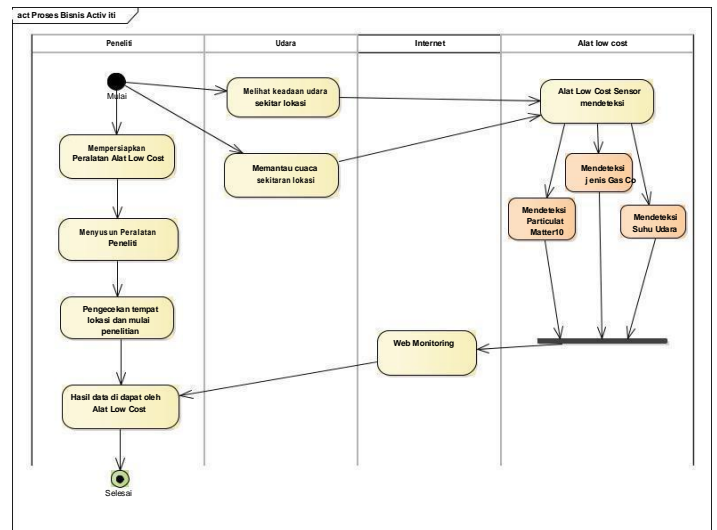
Gambar 3.4.2

Activity Diagram Penjelasan

1. Mula-mula peneliti akan berada di lokasi penelitian, untuk mengecek apakah suhu, gas, dan kelembapan sekitaran lokasi
2. *Low Cost* sensor akan melakukan intialisasi awal, dan langsung melakukan deteksi pada suhu, gas CO, dan Particullat Matter10 pada udara disekitar penelitian.
3. Kemudian hasil dari deteksi tersebut akan ditampilkan pada layar monitor dan monitoring web, jika keadaan udara particulat matter10 dan gas Co sekitar *Low Cost* akan menampilkan peringatan bahwa udara sekitar dalam bahaya
4. data akan di simpan pc/laptop

A. Alur Proses Bisnis Usulan

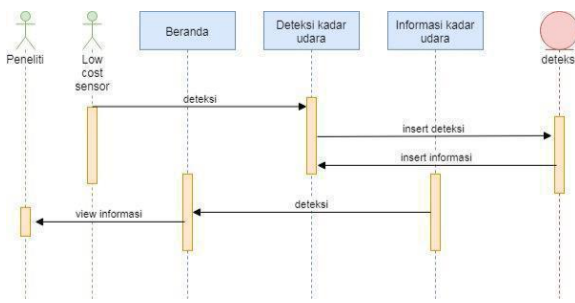
Activity diagram digunakan untuk menggambarkan aktivitas pengguna dengan sistem dari proses bisnis dimulai hingga selesai beserta dengan kemungkinan-kemungkinan yang akan terjadi.



Gambar 3.5.3 ActivityDiagram

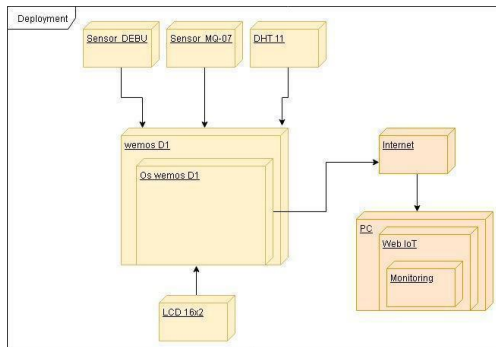
1. Peneliti melakukan pengecekan keadaan udara dan cuaca sekitar lingkungan dalam memulai tahapan penelitian guna mengetahui keadaan udara dan cuaca.
2. Peneliti memulai persiapan dan menyusun peralatan dalam memulai tahapan penelitian.
3. Pengecekan terhadap tempat yang akan diletakkan dalam proses penelitian
4. Setelah peralatan berjalan alat *Low Cost* memulai berjalan untuk mendeteksi kadar udara gas CO jenis udara Particullat Matter10, suhu udara sekitar.
5. Setelah itu hasil akan dilihat di layar lcd alat cost sensor dan web monitoring Ubidot dalam tahapan hasil dari kerja sensor.

Sequence Diagram Usulan



Gambar 3.5.4 Sequence Diagram Usulan

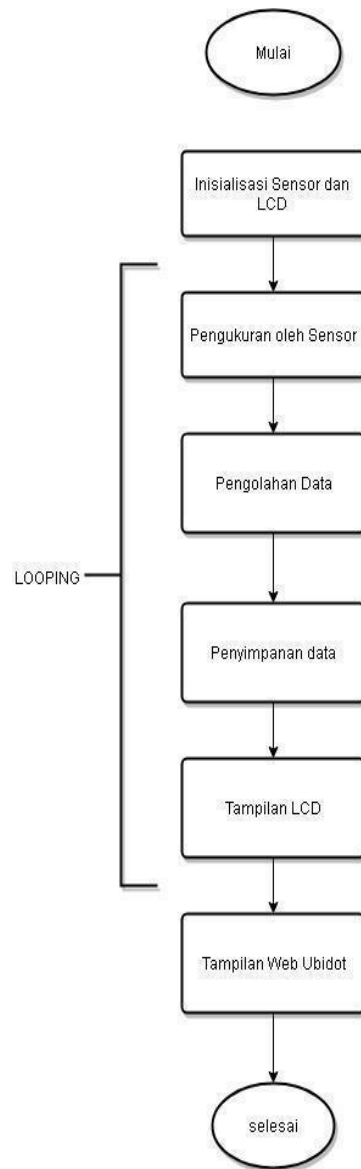
Deployment Diagram Usulan



Gambar 3.5.5 Deployment Diagram Usulan

Alur Program FlowChart Alat Low Cost Sensor usulan

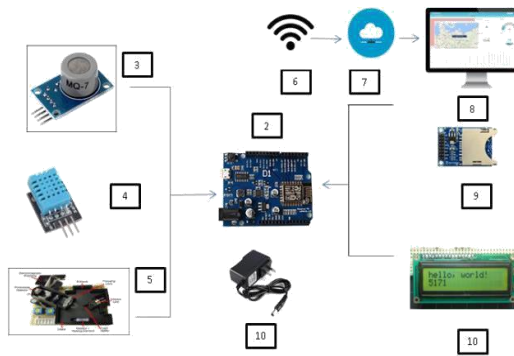
Pada sistem ini cara kerja yang sederhana digambarkan seperti flowchart Pada Gambar Berikut:



Gambar 3.5.3 Flowchart Sistem Kerja Alat

Blok Visual Diagram

Dalam perancangan perangkat keras (*hardware*) diperlukan penggambaran yang memuat kebutuhan apa saja yang digunakan untuk membuat alat monitoring kadar udara dengan fungsinya masing-masing, agar mudah dipahami peneliti membuat blok visual diagram seperti berikut:



Gambar 3.6.2. Blok Visual Diagram

Adapun keterangan pada gambar blok visual diagram di atas, sebagai berikut:

1. Adapter mensuplay tegangan untuk menyalahkan wemos
2. Wemos melakukan proses pada sinyal yang masuk dari sensor untuk diolah menjadi data lalu menentukan perangkat mana saja yang bekerja dan menerima data.
3. MQ-02 mendeteksi kadar udara gas Co.
4. DHT11 mendeteksi suhu dan kelembaban pada area lingkungan.
5. PPD42NS mendeteksi particulat matter 10 (debu) dan particulat matter 2,5 (debu)
6. Wemos mengirim data menggunakan koneksi *wifi* yang terhubung dengan web ubidots melalui jaringan *internet*.
7. LCD sebagai monitoring di alat *Low Cost* sensor

8. Data dikirim melalui jaringan *internet*.
9. Web ubidots menerima data dari wemos D1 dan menampilkannya pada *web browser user*.

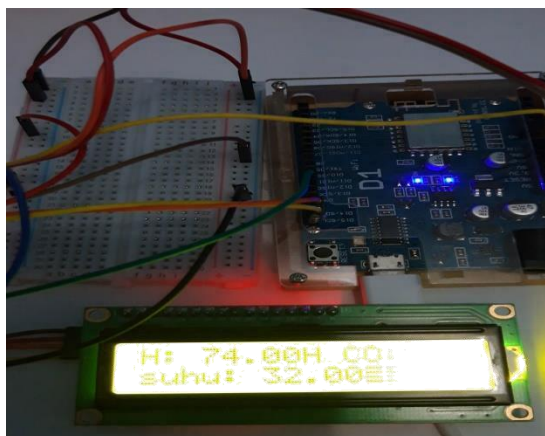
IV.Rancangan Pengujian Sistem Usulan

Setelah melakukan perancangan dan memasang alat serta komponen sistem *monitoring* dan pengujian respon sensor, langkah selanjutnya adalah melakukan serangkaian uji coba pada masing-masing blok rangkaian yang bertujuan untuk mendapatkan kesesuaian spesifikasi dan hasil yang diinginkan. Untuk lebih jelas terkait pembahasan dalam hasil dari uji coba yang akan dilakukan, dapat dilihat pada serangkaian dari uji coba dan analisa sebagai berikut.

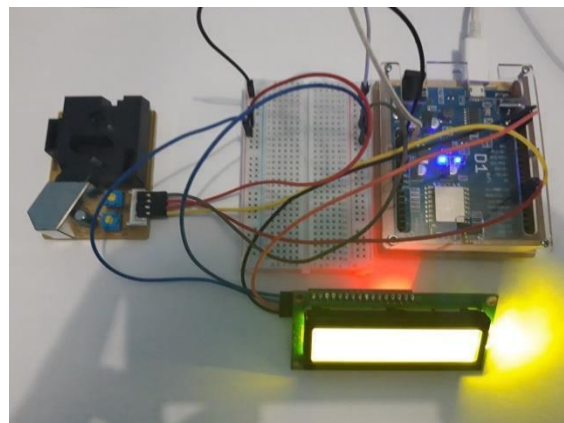
A. Prosedur Pengujian *Liquid*

Crystal Display (LCD) 16x2

Pengujian LCD ini digunakan sebagai tampilan atau display data kadar PM10 PM2.5, gas CO, suhu dan kelembaban serta penanda waktu dari RTC. Data yang ditampilkan pada LCD merupakan data yang sudah diolah pada mikrokontroler yang sudah berupa angka informasi dan data ini akan ditampilkan secara *real time*.



Gambar 4.1.1 *Testing Liquid Crystal Display (LCD) 16x2*



Gambar 4.1.2 *Testing Sensor Dust Shinyei PPD42NS*

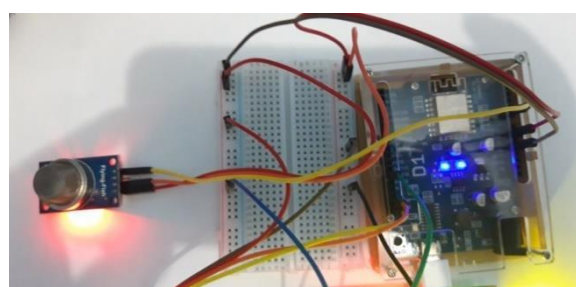
B. Prosedur Pengujian Sensor Dust Shinyei PPD42NS

Pengujian pada sensor PPD42NS merupakan dust sensor buatan shinyei yang mampu mendeteksi partikel dengan ukuran minimum 1 μm . Dalam pengoperasiannya sensor ini membutuhkan catu daya 5V yang berasal dari mikrokontroler yang dihubungkan pada pin Vcc dan memanfaatkan prinsip photodiode negatif yang memberikan dua digital outputs yang berkisar antara HIGH (tegangan lebih tinggi dari 4.0V) yang dapat menghitung jumlah partikel yang lebih besar dari 1 μm dan LOW (tegangan lebih rendah dari 0,7V) yang dapat menghitung jumlah partikel yang lebih besar dari 2.5 μm yang menunjukkan jumlah partikel di udara.

Prinsip kerja sensor dust PPD42NS adalah ketika sensor dust PPD42NS mendeteksi kadar kualitas udara PM10, PM2.5 dan Kemudian mikrokontroler wemos mengolah data tersebut untuk ditampilkan pada LCD dan Web ubidot sebagai output

C. Prosedur Pengujian Sensor MQ-07

Dalam pengujian pada sensor MQ-07 bertujuan untuk sensor dapat mendeteksi kadar gas CO secara *real-time*. Dengan menghubungkan pin A0 pada sensor MQ-07 ke pin analog 0 di wemos. Berikut rangkaiannya seperti pada gambar dibawah:



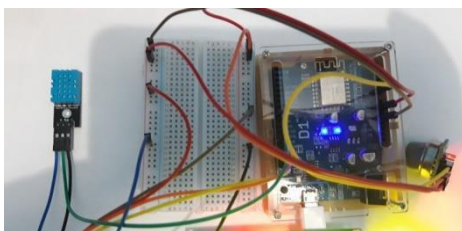
Gambar 4.1.3. *Testing Sensor MQ-07*

Prinsip kerja sensor MQ-07 adalah ketika sensor MQ-07 mendeteksi kadar gas CO wemos AVR untuk mengirimkan data jumlah konsentrasi gas pencemar CO ke mikrokontroler. Kemudian mikrokontroler mengolah data tersebut untuk ditampilkan pada LCD dan Web ubidot sebagai output. Nilai konsentrasi CO akan ditampilkan dalam satuan ppm

Pada pengujian sensor MQ-07 menggunakan listing program seperti pada gambar berikut:

D. Prosedur Pengujian Sensor DHT11

Pada pengujian yang dilakukan sensor DHT11 untuk mendeteksi suhu pada suatu ruangan. Dengan melalui proses menyambungkan pin data dari sensor DHT11 yang disambungkan ke pin D12 pada Wemos D1, kemudian dilakukan pemrograman untuk mendapatkan data suhu dari sensor DHT11. Berikut adalah uji coba rancangan pada sensor DHT11:



Gambar 4.1.3 *Testing* Sensor DHT11

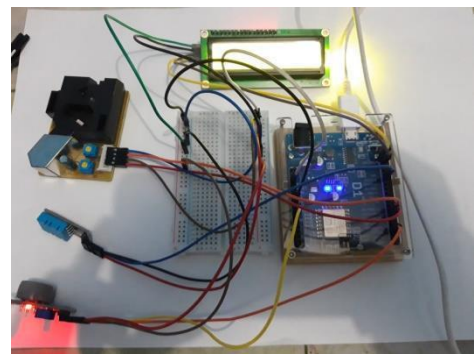
Prinsip kerja pada rangkaian sensor di atas adalah sensor DHT membaca suhu, kelembaban dan wemos akan mengirim data

dari sensor menuju output berupa LCD dan *web* ubidots.

Dalam pengujian sensor DHT11 menggunakan listing program sebagai berikut:

E. Rangkaian Keseluruhan Prosedur Alat

Rangkaian skematik keseluruhan yang tergabung dari beberapa komponen seperti LED, sensor Dust PPD42NS (Debu), Sensor MQ-07, Sensor DHT11, wemos D1 Seperti pada gambar berikut:



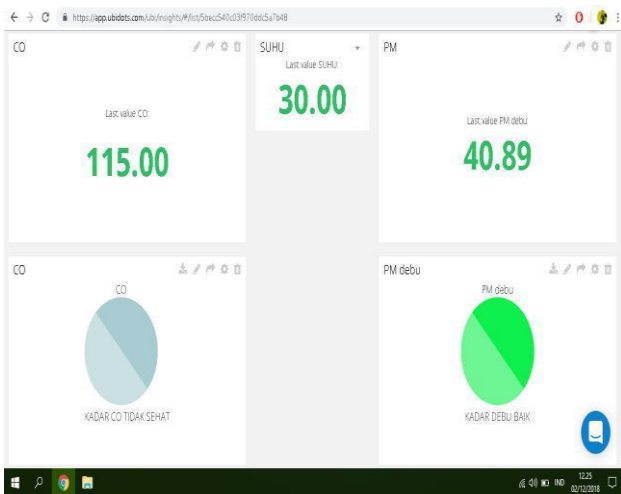
Gambar 4.1.5 Rangkaian Keseluruhan Prosedur Alat

F. Pengujian Sistem Prototype Alat usulan

Pengujian yang dilakukan pada kegiatan pengukuran kualitas udara ini untuk uji coba apakah alat berjalan dengan apa yang diharapkan pada peneliti agar alat dapat bekerja untuk melakukan uji coba pengukuran ini, pengukuran ini dilakukan di Jalan Mochammad Yamin Kota Tangerang.



Gambar 4.2.2 Tampilan lcd *Low Cost* sensor PM10 dan Co



Gambar 4.2.2 Tampilan *Monitoring web IoT* pada value sensor PM10 dan Co

Pada gambar 4.2.2 dan menunjukkan nilai dari value yang terdeteksi oleh dust sensor PPD42NS dan MQ-07. Nilai yang terdeteksi adalah secara realtime. Pengujian dilakukan mengaktifkan alat dan menempatkan di jalan M.Yamin. proses selanjutnya mengamati nilai yang ditampilkan di LCD alat dan di web flatform IoT. Nilai analog dari sensor akan terekam di flatform IoT menjadi data dari sensor pada priode

waktu tertentu, sebagai sample data mengetahui berapa Nilai analog yang terekam oleh sensor. Hasil dari pengujian kadar udara yang di dapati PM10 dan Co berkisaran 40.89 ug/mg untuk PM10 (debu) dan 115 ppm untuk gas Co

4.2.2 Table Pengujian value kadar *Low Cost*

Tanggal	Jam	Kadar CO	Kadar PM 10
09/12/2018	12.12	115	44.77
	12.04	115	40.89
	12.06	88	42.33
	12.08	76	44.32
	12.10	89	40.55

Sensor

Pengujian yang dilakukan dengan memberikan debu pada area sensor dust PPD42NS sebagai pendeteksi kepekatan debu pada sensor debu dan memberikan gas pada sekitaran sensor MQ-07 dalam pendeteksi kadar value gas Co. Sensor mendeteksi konsentrasi debu dan gas yang di dapat pada wemos board.

4.2.2 Table Analisis Pengujian Sistem *Low Cost* Sensor

Low Cost Sensor

Komponen	Kondisi	Proses pengujian fungsi	Hasil
Sensor kualitas udara dust PPD42NS	Detektor aktif dan stand by	Mendekatkan alat pada kegiatan volume kendaraan untuk mendapatkan hasil debu dari sensor	Sensor dust PPD42NS dapat mendeteksi peningkatan debu sekitar
Sensor MQ-07 mendeteksi adanya gas CO pada gas buang kendaraan	Detektor aktif dan stand by	Mendekatkan alat pada kegiatan volume kendaraan untuk mendapatkan hasil gas buang pada kendaraan	Sensor MQ07 dapat mendeteksi value gas buang pada kendaraan

V. KESIMPULAN

Dari hasil yang dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut

1. Prototipe alat *Low Cost* sensor detektor kualitas udara dibangun menggunakan mikrokontroler wemos board D1, sensor PPD42NS dan sensor MQ07 yang memberikan informasi berupa LCD dan web platform IoT.
2. Alat ini dapat bekerja mendeteksi kadar PM10 (debu) dan gas CO di udara Berupa tampilan value dari kadar masing-masing sensor dan data berupa tampilan grafik record secara realtime
3. Alat ini dapat digunakan dikalangan penelitian dan masyarakat mengenai

informasi kadar kualitas udara pada lingkungan yang berpotensi terhadap pencemaran udara.

4. Memberikan informasi kadar udara berdasarkan ISPU pada monitoring dengan tampilan indikator warna.

VI. SARAN

1. pada alat ini harus memiliki resistor tegangan yang stabil agar pembacaan nilai pada sensor akurat dan stabil
2. alat mesti di kalibrasi dengan alat yang sudah bersertifikasi.
3. harus dilakukan peningkatan spesifikasi pada sensor khususnya pada resolusi tegangan dan nilai value di tampilkan agar dihasilkan lebih akurat dan stabil dalam pembacaan sensor

DAFTAR PUSTAKA

- Agusta kurniawan,2017, Pengukuran Parameter Kualitas Udara (CO, NO2, SO2, O3 dan PM) di Bukit Kototabang Berbasis ISPU
- Rizki, farli, 2011, Alat Pendeteksi Polusi Udara Dari Gas (CO) pada ruangan BerbasisMikrokontroler AT89S51.(Diakses 27 November,2018)
- A.S. Suparman dan S.Yazid, “Purwarupa Sistem Pemantauan Kualitas Udara Secara Daring”., Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas WidyatamaOpen Journal System, Vol 1 No. 3 2014. [Online]. Available: <https://bit.ly/2l2H3>
- Damara Yus Diken, 2017, Analisis Dampak Kualitas Udara Karbon Monoksida (CO) di Sekitar JL. Pemuda Akibat Kegiatan *Car Free Day* Menggunakan Program

Calinea dan Surfer (Studi Kasus : Kota Semarang), Jurnal Teknik Lingkungan, Vol. 6, No. 1, Semarang.

Fardiaz. S, 1992, Polusi Air dan Udara, Yogyakarta : Kanisius.

Fauzi A, et al. 2013. Status Lingkungan Hidup Indonesia 2012 : Pilar Lingkungan Hidup Indonesia. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia

Holstius DM, Pillarisetti A, Smith KR. 2014. Field calibrations of a low-cost aerosol sensor at a regulatory monitoring site in California. Atmos.7: 1121-1131.

Jayamurugan, R., Kumaravel, B., Palanivelraja, S. and Chockalingam, M.P, (2013), Influence of Temperatur, Relative Humidity and Seasonal Variability on Ambient Air Quality in a Coastal Urban Area. International Journal of Atmospheric Sciences, Vol 2013

Kanaf. N dan Razif. M. 2010, Efisiensi Program *Car Free Day* Terhadap Penurunan Emisi Karbon (Studi Kasus : Jalan Raya Kertajaya, Surabaya), Jurnal Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh November, Pencemaran Udara, ITS, Surabaya.

Malina C. 2012. The impact of low emission zones on PM10 levels in urban areas in Germany. CAWM Discussion Paper (58): 1-19

Prabakar J, Mohan V, Ravinskar K. 2015. Evaluation of low-cost particulate matter sensor for indoor air quality measurement. IJIRSET. 4(2): 366-369

Soedomo. Moestikahadi, 2011, Pencemaran Udara, Bandung : ITB.

_____, 1997, Keputusan Kepala Bapedal No. 10. Tentang “Perhitungan Dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara”.

_____, 1999, Peraturan Pemerintah (PP). NO.41. Tentang “Pengendalian Pencemaran Udara”.

A. S, R., & Salahuddin, M. (2013). Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek. Bandung: Informatika..