

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS
UDARA MENGGUNAKAN NODEMCU
BERBASIS IoT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains



Oleh :

VIVI WULANDARI

NIM. 18034096

PROGRAM STUDI FISIKA

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN

ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2022

PERSETUJUAN SKRIPSI

RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* KUALITAS UDARA MENGGUNAKAN NODEMCU BERBASIS IoT

Nama : Vivi Wulandari
NIM : 180344096
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

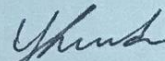
Padang, 18 Agustus 2022

Mengetahui
Kepala Departemen Fisika



Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si.
NIP. 19690120 199303 2 002

Disetujui Oleh:
Pembimbing



Yohandri, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 19780725 200604 1 003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

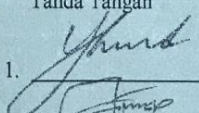
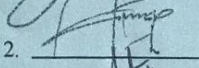
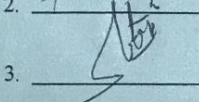
Nama : Vivi Wulandari .
NIM : 18034096
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA MENGGUNAKAN NODEMCU BEBRBASIS IoT

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Departemen
Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri
Padang

Padang, 18 Agustus 2022

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Yohandri, S.Si., M.Si., Ph.D.	1. 
2. Anggota	: Dr. Asrizal, M.Si.	2. 
3. Anggota	: Dr. Nofi Yendri Sudiar, S.Si., M.Si.	3. 

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Vivi Wulandari
NIM/TM : 18034096/2018
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : FMIPA

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul : **"Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Kualitas Udara Menggunakan NodeMcu Berbasis IoT"** adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi UNP maupun dimasyarakat dan hukum Negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Saya yang menyatakan,



Vivi Wulandari
NIM. 18034096

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA MENGGUNAKAN NODEMCU BERBASIS IoT

Vivi Wulandari

ABSTRAK

Udara sebagai sumber daya alam mempengaruhi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Udara terdiri dari sekitar 78% Nitrogen, 20% Oksigen, 1,07% terdiri dari Neon (Ne), Helium (He), Metan (CH₄) dan Hidrogen (H₂), 0,9% Argon dan sisanya 0,03% Karbon Dioksida (CO₂). Pencemaran udara dihasilkan oleh kegiatan manusia seperti, transportasi, industri, kebocoran gas LPG rumah tangga serta pembangunan infrastruktur. Aktivitas tersebut dapat menimbulkan pencemaran lingkungan yang berkaitan dengan pencemaran udara. Alat monitoring kualitas udara yang sudah ada mempunyai keterbatasan yaitu hanya dapat digunakan ditempat tertentu dan waktu tertentu saja, oleh sebab itu untuk dapat mengetahui kualitas udara yang dihirup dimana saja dan kapan saja maka diberilah inovasi dengan membuat sistem monitoring kualitas udara menggunakan nodemcu berbasis IoT. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan spesifikasi desain dan spesifikasi peformansi pada alat.

Penelitian ini merupakan jenis penelitian rekayasa. Pengumpulan data dilakukan dengan cara pengukuran secara langsung. Untuk pengumpulan data secara langsung dilakukan dengan memonitoring kadar CO₂, CO, suhu, dan kelembapan, untuk pengambilan data dari masing-masing parameter diberikan 5 variasi untuk pengukurannya.

Berdasarkan tujuan pada penelitian didapatkan hasil spesifikasi desain dari alat yaitu tingkat persentase ketepatan rata-rata pengukuran yang dihasilkan oleh monitoring kualitas udara yaitu sebesar 97,78%, rata-rata persentase kesalahan relatif yang didapat sebesar 2,24%. Sensor yang digunakan pada alat memiliki sensitifitas yang bagus untuk mendeteksi parameter. Maka dari itu didapatkan kesimpulan untuk spesifikasi performansi alat bahwa komponen penyusun alat dapat bekerja dengan baik.

Kata kunci : Monitoring Kualitas Udara, MQ-135, DHT11, Nodemcu

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan hidayah Nya pada peneliti sehingga skripsi dapat diselesaikan. Sebagai judul penelitian adalah **“Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan NodemcuBerdasarkan IoT”**. Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih atas segala bantuan yang telah diberikan kepada peneliti, terutama kepada :

1. Bapak Yohandri, M.Si, Ph.D sebagai Pembimbing atas segala bantuannya yang tulus ikhlas memberikan bimbingan, arahan dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Dr. H. Asrizal, M.Si dan Bapak Dr Nofi Yendri Sudiar, M.Si , selaku dosen penguji skripsi yang telah meluangkan waktu memberikan masukan, kritikan dan pandangan kepada peneliti untuk menyempurnakan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si sebagai Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
4. Ibu Syafriani, M. Si, Ph. D sebagai Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
6. Orang tua tercinta atas doa dan motivasinya baik secara materil maupun spiritual.
7. Seluruh keluarga tercinta atas doa dan motivasinya baik secara materil maupun spiritual.

8. Baba tersayang, yang telah berjasa memberikan segala support yang penulis butuhkan selama penulisan ini.
9. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UNP khususnya Fisika angkatan 2018 yang telah membantu berjuang hingga akhir dan semua pihak yang telah ikut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berjasa dalam penyelesaian skripsi ini. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Peneliti menyadari bahwa dalam penulisan laporan tugas akhir ini masih terdapat kelemahan, kekurangan dan kesalahan. Untuk itu peneliti mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Peneliti berharap mudah-mudahan skripsi ini berguna bagi pembaca semua.

Padang, Agustus 2022

Vivi Wulandari

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Batasan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Udara.....	6
B. Suhu Udara.....	8
C. Karbon Dioksida	9
D. Karbon Monoksida.....	11
E. Sistem Pemantauan Kondisi Udara di Indonesia	11
F. NodeMcu ESP8266.....	13
G. Sensor MQ-135	15

H. Sensor DHT11	17
I. <i>Internet of Things (IOT)</i>	19
J. Web	20
BAB III METODE PENELITIAN	22
A. Tempat dan Waktu Penelitian	22
B. Jenis Penelitian.....	22
C. Data dan Variabel Penelitian.....	23
D. Prosedur Penelitian.....	24
E. Ide-ide dan kejelasan.....	24
F. Konseptual Rancangan.....	24
G. Susunan, Geometri, Fungsi	25
H. Rancangan Detail	26
I. Pembuatan Prototipe	27
J. Pengujian.....	27
K. Teknik Pengumpulan Data	28
L. Teknik Analisa Data.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	31
B. Pembahasan.....	45
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	48

B. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. NodeMcu ESP8266.....	14
Gambar 2. Sensor Gas MQ-135.....	15
Gambar 3. Karakteristik Gas Dari Sensor MQ-135.....	17
Gambar 4. Sensor DHT11.....	18
Gambar 5. Cara Kerja Sensor DHT11	18
Gambar 6. Konsep Internet of Things.....	20
Gambar 7. Tahapan-Tahapan Penelitian Rekayasa.....	23
Gambar 8. Susunan Sistem Monitoring Kualitas Udara	25
Gambar 9. Desain Alat Monitoring Kualitas Udara Tampak Luar	26
Gambar 10. Desain Alat Monitoring Kualitas Udara Tampak Dalam.....	27
Gambar 11. Rangkaian Pengkoeksian Sensor MQ-135.....	32
Gambar 12. Rangkaian Pengkoneksian Sensor DHT11	33
Gambar 13. . Flowchart Rancangan Alat.....	34
Gambar 14. Mekanik Monitoring Kualitas udara.	35

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Komposisi Udara Bersih.....	7
Tabel 2 Komposisi Udara Bersih dan Udara Tercemar	7
Tabel 3 Rentang Indeks Standar Pencemaran Udara di Indonesia.....	13
Tabel 4 Spesifikasi NodeMcu ESP8266	14
Tabel 5 Spesifikasi Sensor MQ-135	16
Tabel 6 Tegangan Keluaran sensor MQ-135 Saat Mengukur Kadar CO2	36
Tabel 7 Tegangan Keluaran Sensor MQ-135 Saat Mengukur Kadar CO.....	37
Tabel 8 Tegangan Keluaran Sensor DHT11 Saat Mengukur Suhu	37
Tabel 9 Tegangan Keluaran Sensor DHT11 Saat Mengukur kelembapan	38
Tabel 10 Data Ketepatan CO2 Pada Kualitas Udara	38
Tabel 11 Data ketepatan CO Pada Kualitas Udara	39
Tabel 12 Data Ketepatan Suhu Pada Kualitas Udara.....	40
Tabel 13 Data Ketepatan Kelembapan Pada Kualitas Udara.....	40
Tabel 14. Data Ketelitian Keadaan Kualitas Udara	41
Tabel 15. Data Lapangan di Mesjid Raya Pagi Hari.....	42
Tabel 16. Data Lapangan di Mesjid Raya Siang Hari.....	43
Tabel 17. Data Lapangan di Mesjid Raya Sore Hari	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Grafik Tegangan Keluaran Sensor MQ-135 Saat Mengukur Kadar CO ₂	44
Lampiran 2. Grafik Tegangan Keluaran Sensor MQ-135 Saat Mengukur Kadar CO	44
Lampiran 3. Grafik Tegangan Keluaran Sensor DHT11 Saat Mengukur Suhu.....	45
Lampiran 4. Grafik Tegangan Keluaran Sensor DHT11 Saat Mengukur Kelembapan....	45
Lampiran 5. Data ketepatan CO ₂ pada kualitas udara	45
Lampiran 6. Data ketepatan CO pada kualitas udara	46
Lampiran 7. Data ketepatan suhu pada kualitas udara	46
Lampiran 8. Data ketepatan kelembapan ada kualitas udara	46
Lampiran 9. Ketelitian Mengukur CO ₂	47
Lampiran 10. Ketelitian Mengukur CO	47
Lampiran 11. Ketelitian Mengukur Suhu	48
Lampiran 12. Ketelitian Mengukur kelembapan	48
Lampiran 13. Data Lapangan di Mesjid Raya Pagi Hari	49
Lampiran 14. Data Lapangan di Mesid Raya Siang Hari	49
Lampiran 15. Data Lapangan di Mesjid Raya Sore Hari	50
Lampiran 16. Tampilan Kadar CO ₂ Pada Thinkspeak	50
Lampiran 17. Tampilan Kadar CO Pada Thinkspeak	50
Lampiran 18. Tampilan Keadaan Suhu Pada Thingspeak	51
Lampiran 19. Tampilan Keadaan Kelembapan Pada Thingspeak	51
Lampiran 20. Program Monitoring Kualitas Udara	51

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Udara sebagai sumber daya alam mempengaruhi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Udara terdiri dari sekitar 78% Nitrogen, 20% Oksigen, 1,07% terdiri dari Neon (Ne), Helium (He), Metan (CH_4) dan Hidrogen (H_2), 0,9% Argon dan sisanya 0,03% Karbon Dioksida (CO_2) (Wardhani, 2019). Kandungan karbondioksida diudara segar dan baik untuk pernapasan bervariasi antara 0,03% (300 ppm) sampai dengan 0,06% (600 ppm) bergantung pada lokasinya (Andrizal, 2020). Adanya karbondioksida (CO_2) yang berlebih diudara dapat meningkatkan suhu yang ada di lingkungan sekitar sehingga mengurangi kesegaran dan kebersihan udara yang kita hirup (Jaya, 2011). Kebersihan udara yang kotor dapat mengganggu kesehatan, hal ini disebabkan oleh kandungan karbondioksida yang terdapat pada udara terlalu berlebihan.

Udara yang kotor mengandung gas Karbon Dioksida (CO_2), gas Karbon Monoksida (CO) dan gas Metana (CH_4). Sedangkan gas Karbon Monoksida (CO) bisa dihasilkan dari sumber tenaga penggerak dari genset dan pengatur suhu ruangan. Ketiga gas tersebut sangat berbahaya jika menumpuk didalam ruangan tanpa sirkulasi udara yang kurang baik. Gas berbahaya yang menumpuk akan sering terhirup oleh pekerja yang berada didalam ruangan tersebut. Karbon Monoksida (CO) adalah pembunuh yang tidak tampak, karena keberadaannya tidak dapat dideteksi dengan penglihatan atau bau (Widodo, 2017). Lazimnya orang mengaitkan keracunan Karbon Monoksida dengan kendaraan yang beroperasi di daerah tertutup atau pemanas ruangan yang dirancang kurang baik.

Karbondioksida atau zat asam arang, adalah sejenis senyawa kimia yang

terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan suatu atom karbon. Karbondioksida memiliki nama senyawa CO_2 . CO_2 berupa gas pada kondisi temperatur dan tekanan standar yang terletak pada atmosfer bumi (Astuti&Firdaus,2017). Konsentrasi karbondioksida di atmosfer meningkat semenjak dimulainya revolusi industri, karena perkembangan kegiatan manusia yang pesat. Fakta ilmiah menunjukkan bahwa meningkatnya konsentrasi CO_2 di atmosfer membuat perubahan global dan perubahan iklim yang dicirikan oleh peningkatan suhu udara (IPCC, 2007).

Suhu udara merupakan salah satu unsur penting yang menggambarkan keadaan cuaca disuatu wilayah. Suhu udara adalah keadaan panas udara yang disebabkan oleh panas matahari (Rahim, 2016). Suhu udara yang tinggi akan menyebabkan bahan pencemar dalam udara berbentuk partikel menjadi kering dan ringan sehinggapenyebaran partikel debu di udara juga semakin tinggi, hal ini memicu meningkatnya pencemaran udara (Fauziah, 2017).

Pencemaran udara yang terjadi dari tahun ke tahun terus memburuk, pencemaran udara dihasilkan oleh kegiatan manusia seperti transportasi, industri, kebocoran gas LPG rumah tangga serta pembangunan infrastruktur. Aktivitas tersebut dapat menimbulkan pencemaran lingkungan yang berkaitan dengan pencemaran udara. Pencemaran udara juga bisa disebabkan oleh bencana alam seperti kebakaran hutan, gas alam beracun dan juga gunung Meletus (Virdaus & Ihsanto, 2021). Pencemaran udara mempengaruhi kadar CO_2 yang ada di lingkungan.

Kadar CO_2 yang ada di udara dapat berbahaya jika melebihi dari 5% atau sekitar 50.000 ppm dan 8% atau sekitar 80.000 ppm (Menkes RI, 2011). Kadar

CO₂ yang ada di lingkungan dapat diketahui dengan melihat nilai Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU). ISPU merupakan angka yang tidak memiliki satuan dan menggambarkan kondisi kualitas udara di lokasi dan waktu tertentu (Prasetyo, 2021). Menurut Kepala Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Padang, kualitas udara di kota Padang termasuk ke dalam kategori sedang. Angka tertinggi yang tercatat berada pada nilai 67 dengan parameter PM 10 pada tahun 2019 (Tobari, 2019). Sedangkan pada tahun 2021, kualitas udara di kota Padang berada pada nilai 78,14. Berdasarkan nilai tersebut, dapat dibuktikan bahwa nilai indeks ISPU semakin meningkat. Nilai ISPU hanya dapat diakses di tempat tertentu saja. Sehingga masyarakat tidak dapat mengakses data ISPU dengan bebas.

Untuk mengatasi masalah ini, maka diperlukan alat yang dapat memonitoring kualitas udara agar bisa diakses dimana saja oleh semua orang. Dalam penelitian sebelumnya alat monitoring kadar CO₂ sudah dibuat oleh Amsar (2020) dan Febrianti (2021). Penelitian yang dilakukan hanya menggunakan satu sensor yaitu MQ-2, sehingga hanya dapat mengukur kadar CO₂ saja. Sementara itu, suhu udara tidak dapat diukur. Sensor MQ-2 hanya berfokus pada pengukuran metana, butana, dan gas LPG yang ada di udara.

Berdasarkan permasalahan yang sudah dipaparkan maka dalam penelitian ini akan dikembangkan alat monitoring kualitas udara dengan menggunakan dua sensor, yaitu sensor MQ-135 untuk mendeteksi kadar CO₂, CO dan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan. Penggunaan dua sensor ini menghasilkan parameter yang lebih lengkap. Disamping sensor MQ-135 dan sensor DHT11, alat monitoring kualitas udara dirancang menggunakan NodeMcu dan *Internet of Things*. Dalam alat ini *Internet of Things* (IoT) berguna sebagai sistem yang

menggabungkan semua perangkat supaya dapat dikontrol dan juga dipantau melalui internet. Dengan adanya sistem pemantauan kualitas udara menggunakan sistem IoT maka setiap informasi dari nilai kadar CO₂ dan suhu di udara dapat dilihat pada *website* dengan indikator normal dan tidak normal.

Berdasarkan dari penjabaran yang telah dijelaskan maka penulis telah melakukan penelitian dengan judul "**Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Nodemcu Berbasis *Internet of Things***".

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah ada, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana spesifikasi performansi alat monitoring kualitas udara menggunakan NodeMcu berbasis *Internet of things*?
2. Bagaimana spesifikasi desain alat monitoring kualitas udara menggunakan NodeMcu berbasis *Internet of things*?

C. Batasan Masalah

Supaya pembahasan, penyusunan dan juga pembuatan sistem dapat dilakukan dengan terarah dan dapat tercapai sesuai dengan yang diharapkan maka dibuatlah batasan masalah sebagai berikut :

1. Sistem yang dibuat hanya memberikan informasi kadar CO₂, CO dan informasi keadaan suhu dan kelembapan.
2. Sistem tersebut tidak membahas tentang bagaimana cara menurunkan kadar CO₂ dan kadar CO.

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan. Maka tujuan dari

penelitian ini yaitu :

1. Menentukan spesifikasi performansi alat monitoring kualitas udara menggunakan NodeMcu berbasis *Internet of Things*.
2. Menentukan spesifikasi desain alat monitoring kualitas udara menggunakan NodeMcu berbasis *Internet of Things*.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Masyarakat, untuk memberikan informasi kadar CO₂, CO pada udara yang dihirup.
2. Kelompok bidang kajian elektronika dan instrumentasi, berguna untuk mengembangkan ilmu dan teknologi guna melahirkan ide yang lebih inovatif.
3. Pembaca, dapat berguna sebagai menambah pengetahuan dan juga memperluas wawasan dalam kajian bidang elektronika.
4. Peneliti lain, menjadi sumber ide untuk mengembangkan pemodelan selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Udara

Udara adalah campuran dari beberapa gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu udara, tekanan udara dan juga lingkungan sekitarnya. Udara merupakan atmosfer yang berada pada sekeliling bumi yang berperan penting dalam kehidupan. Pada udara terdapat oksigen (O_2) yang berguna untuk bernapas, CO_2 yang berfungsi untuk membantu proses fotosintesis oleh klorofil, ozon (O_3) yang memiliki fungsi untuk menahan sinar ultraviolet dan komposisi gas lainnya. Secara mekanis udara merupakan campuran dari bermacam-macam gas (Andrizal, 2020). Kualitas udara dari suatu daerah bergantung dari keadaan alam sekitar dan juga jumlah sumber pencemaran yang ada pada daerah tersebut. Zat yang dikeluarkan oleh sumber pencemar terhadap atmosfer yang mempengaruhi kualitas udara antara lain, gas Nitrogen Oksida (NO_x), Sulfur Dioksida (SO_2), debu, dan kandungan Timah Hitam (Pb) yang ada didalam debu.

Komposisi untuk udara yang normal yaitu terdiri dari gas nitrogen 78,1%, oksigen 20,39% dan karbon dioksida 0,03%, dan selebihnya berupa gas argon, neon, krypton, xenon dan juga helium. Di dalam udara juga terkandung uap air, debu, bakteri, sporadan sisa tumbuh-tumbuhan. Komposisi yang terdapat dalam udara bersih dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Komposisi Udara Bersih

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

(Sumber : *Environmental Chemistry, Air and Water Pollution*)

Tabel 1 menjelaskan kandungan dari unsur senyawa dan gas yang tidak mampu dideteksi secara langsung oleh alat indra manusia namun akan berbahaya untuk Kesehatan. Kandungan dari unsur senyawa dan gas berbahaya untuk manusia yaitu *Carbon Monoxide* (CO), CO₂, *Nitrogen Dioxide* (NO₂) dan juga *Ozone* (O₃) (Widodo, 2017). Menurut *World Health Organization* (WHO), perbandingan nilai dari kandungan gas pencemar yang terdapat di dalam udara yang bersih maupun udara yang tercemar dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Komposisi Udara Bersih dan Udara Tercemar

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

(Sumber : Susilawati, 2020)

Tabel 2 merupakan perbandingan dari kandungan senyawa dan gas yang ada di dalam udara bersih dan udara tercemar. Perbandingan kandungan senyawa pada

udara bersih dan udara tercemar dibagi atas beberapa parameter yaitu bahan partikel, SO_2 , CO , NO_2 , CO_2 dan hidrokarbon. Parameter CO_2 merupakan komposisi kandungan terbesar yang terdapat di udara.

Udara memiliki dua unsur, yaitu udara basah dan udara kering. Udara basah merupakan campuran dari udara kering dengan uap air (udara dengan kelembapan yang sangat besar). Sedangkan udara kering adalah udara yang tidak mengandung uap air (Faradilla & Chintya, 2020).

B. Suhu Udara

Suhu udara merupakan besaran yang menyatakan keadaan panas atau dinginnya udara yang diukur menggunakan termometer (Rusdi, 2017). Satuan atau skala suhu memiliki 4 macam, yaitu Celcius, Fahrenheit, Reamur, dan Kelvin. Satuan dari skala suhu tersebut mempunyai perbedaan yang digunakan untuk membuat jenis alat pengukur suhu yang berbeda-beda. Skala suhu yang sering digunakan yaitu :

1. Satuan Celcius

Satuan skala Celcius merupakan skala suhu yang didesain agar titik beku air tepat berada pada 0° dan titik didih berada pada 100° di tekanan atmosferik yang standar. Skala tersebut diberi nama oleh ahli astronomi Anders Celcius (1701-1744). Hampir seluruh dunia menggunakan skala celcius untuk keperluan sehari-hari.

2. Satuan Fahrenheit

Titik beku air berada pada 32°F , dan titik didih air berada pada 212°F , dengan selisih 180 derajat. Dapat diartikan 180 skala menurut Fahrenheit sama dengan 100 skala menurut celcius. Maka perbandingan antara jumlah skala suhu Fahrenheit dan

jumlah skala suhu celcius adalah 180/100. Karena skala suhu Fahrenheit tidak dimulai dari nol derajat tetapi dari 32 derajat ini artinya suhu Fahrenheit hanya dapat dibandingkan dengan suhu celcius setelah dikurangi 32 (Nurahmadani, 2010).

3. Satuan Reamur

Satuan skala Reamur yaitu skala temperatur yang diberi nama oleh Rene Antonie Ferchault de Reamur. Titik beku air berada pada 0°R , titik didih air beradapada 80°R . satu derajat Reamur sama dengan $1,25^{\circ}\text{C}$ atau sekitar 274,25 kelvin (Alo, 2013). Skala Reamur banyak digunakan di Eropa, terutama Prancis dan Jerman, namun digantikan oleh Celcius. Untuk saat ini satuan skala Reamur jarang digunakan kecuali untuk industri permen dan juga keju.

4. Satuan Kelvin

Satuan skala Kelvin merupakan skala internasional untuk dimana nol absolut yang dapat didefinisikan sebagai 0 K. Skala Kelvin memiliki satuan dengan lambang K. Dalam termodinamika nol Kelvin adalah gerakan ketika molekuler berhenti. Sedangkan satu Kelvin setara dengan 273,15K pada skala termodinamika. Secara numerik 1 K sama dengan 1 derajat Celcius (Prihandono, 2021).

C. Karbon Dioksida

Karbon dioksida ialah sejenis senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan suatu atom karbon. CO_2 berupa gas pada kondisi temperatur dan tekanan standar yang terletak pada atmosfer bumi (Astuti & Firdaus, 2017). CO_2 yang tidak memiliki bau sangat berbahaya untuk dihirup secara langsung oleh manusia. Pada konsentrasi tinggi CO_2 dapat menggantikan oksigen di udara bersih (Selamet W, 2017).

Meningkatnya kadar CO₂ dapat memberikan dampak ketidaknyamanan dalam beraktivitas dan dapat mengganggu Kesehatan. Kandungan karbon dioksida pada udara segar dan baik untuk pernapasan yaitu antara 0,03% (300 ppm) sampai 0,06% (600 ppm) tergantung lokasi. Kadar CO₂ dapat dikatakan bahaya jika lebih dari 50.000 ppm atau sekitar 5%. Pada saat konsentrasi 2-10% akan menimbulkan rasa asam, dyspnea, sakit kepala, vertigo, mual, kesulitan bernafas, lemah, mengantuk, *mental confusion*, peningkatan tekanan darah, peningkatan denyut jantung, peningkatan laju pernafasan. Untuk paparan 10% karbon dioksida dalam waktu beberapa menit akan menyebabkan gangguan penglihatan, tinnitus, tremor, keringat yang berlebihan, gelisah, paresti, hilang kesadaran, dan juga koma (Andrizal, 2020).

Karbon dioksida yang berbentuk gas yang ada pada keadaan temperatur dan tekanan standar dan berada di atmosfer bumi. Konsentrasi karbon dioksida di atmosfer bumi sekitar 387 PPM yang berdasarkan volume meskipun jumlah tersebut dapat bervariasi tergantung pada lokasi dan juga waktu. Seperti yang sudah diketahui bahwasannya populasi manusia yang ada di bumi semakin meningkat dan banyak terjadi perubahan pada lahan dan terjadinya ketidakseimbangan penyerapan CO₂ yang menyebabkan konsentrasi CO₂ di atmosfer semakin tinggi. Semakin meningkat kadar karbon dioksida di udara dapat menimbulkan dampak yang buruk bukan hanya untuk manusia namun juga dapat berdampak buruk untuk perubahan iklim global.

Oleh sebab itu sebaiknya kita dapat menjaga kestabilan dan menjaga kadar gas yang ada di udara agar seimbang. Polutan yang berupa gas CO₂ yang akan mengembang di udara dan mempunyai sifat seperti kaca. Sinar matahari yang jatuh

ke bumi akan dipantulkan oleh CO_2 yang mengembang dan diteruskan. Akibatnya suhu bumi akan semakin meningkat dan udara tidak sehat. Untuk dampak jangka panjang yaitu dapat mencairkan es kutub yang menyebabkan permukaan air laut yang ada di permukaan bumi meningkat, peningkatan air laut dapat menenggelamkan pulau (Nebath, 2014).

D. Karbon Monoksida

Gas CO merupakan gas yang dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar yang mengandung karbon juga pembakaran pada tekanan suhu tertentu (Mentari, 2021). Karbon Monoksida merupakan suatu gas yang tidak berwarna, tidak berbau, juga tidak berasa. Gas CO dapat berbentuk cairan pada suhu dibawah -192°C . Gas CO Sebagian berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dengan udara, berupa gas buangan. Kota besar relatif lebih tinggi dibandingkan dengan daerah pedesaan.

Sumber pencemar gas CO yang terbesar dari pemakaian bahan bakar fosil (minyak dan batu bara) pada mesin penggerak transportasi. Gas CO dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan gangguan kesehatan bahkan juga dapat menyebabkan kematian dan apabila gas CO terhirup kedalam paru-paru akan mengikuti peredaran darah dan akan menghalangi masuknya oksigen yang dibutuhkan oleh tubuh.

E. Sistem Pemantauan Kondisi Udara di Indonesia

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLKH) memberikan informasi mutu udara yang tepat dan juga akurat untuk masyarakat. Masyarakat dapat mengetahui hasil dari pemantauan kualitas udara yang dilakukan secara real time di Indonesia dengan melalui aplikasi yang berbasis android dan website

ISPU^{net}, supaya informasi kualitas udara dapat dengan mudah dijangkau oleh masyarakat, hasil dari pemantauan mutu udara dari stasiun pemantauan otomatis dapat disampaikan dalam bentuk Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). Dengan menggunakan *Air Quality Monitoring System* (AQMS) suatu alat yang digunakan secara *realtime* yang dapat menggambarkan kualitas udara dalam ambien, dengan menyediakan informasi yang *realtime* untuk P.M (*Particulate Matter*) yang dimana alat tersebut dapat memonitor bahan-bahan partikel udara untuk Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU).

1. *Air Quality Monitoring System* (AQMS)

AQMS merupakan suatu sistem pemantauan kualitas udara ambien yang dilakukan secara otomatis, kontinyu dan *realtime* yang digunakan untuk mengetahui kualitas udara suatu wilayah. Hasil dari pengukuran AQMS dapat dimanfaatkan sebagai sebuah *early warning system* atau disebut juga dengan sistem peringatan dini untuk pemerintah maupun masyarakat pada saat terjadi pencemaran udara.

2. Indeks Standar Pencemaran Udara

Indeks Standar Pencemaran Udara atau yang biasa disebut ISPU adalah sebuah angka tanpa adanya satuan, biasanya digunakan untuk menggambarkan kondisi mutu udara ambien. Udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer (Kurniawan, 2017). Tujuan dari ISPU yaitu untuk memberikan kemudahan dari keseragaman informasi mutu udara ambien untuk masyarakat di lokasi dan waktu tertentu. Hal ini menjadi bahan pertimbangan untuk melakukan upaya-upaya pengendalian pencemaran udara baik untuk pemerintah pusat maupun pemerintah daerah (Amsar, 2020). Untuk rentang nilai indeks standar pencemaran

udara di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Rentang Indeks Standar Pencemaran Udara di Indonesia

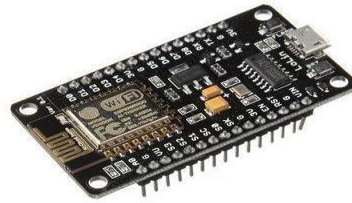
ISPU	Pencemaran Udara Level	Dampak Kesehatan
0-50	Baik	Tidak memberikan dampak bagi Kesehatan
51-100	Sedang	tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang peka
101-199	Tidak sehat	Bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang peka atau dapat menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika
200-299	Sangat Tidak Sehat	Kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar
300-500	Berbahaya	Kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi (misalkan iritasi mata, batuk, dahak dan sakit tenggorokkan)

(Sumber : Amsar, 2020)

Tabel 3 menjelaskan rentang indeks standar pencemaran udara di Indonesia yang dibagi menjadi lima level. Level pencemaran udara tersebut terdiri dari level baik, sedang, tidak sehat, sangat tidak sehat, dan berbahaya. Kualitas udara berbahaya secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi.

F. NodeMcu ESP8266

NodeMcu ESP8266 merupakan modul mikrokontroler yang didesain dengan ESP8266 di dalamnya. ESP8266 berfungsi untuk konektivitas jaringan *Wifi* antara mikrokontroler itu sendiri dengan jaringan *Wifi*. NodeMcu berbasis bahasa pemrograman Lua namun dapat juga menggunakan Arduino IDE untuk pemrogramannya (Wagya, 2016). Modul NodeMcu ESP8266 dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. NodeMcu ESP8266
(Sumber : Khalijah, 2019)

Gambar 1 merupakan tampilan fisik NodeMcu ESP8266. NodeMcu dilengkapi dengan mikro USB *port* yang dapat berfungsi untuk pemrograman maupun untuk *power supply*. NodeMcu juga dilengkapi dengan tombol *push button* yaitu tombol untuk *mereset* dan *flash*. Menggunakan Arduino IDE bisa dengan menggunakan *Firmware* yang cocok yaitu *Firmware* yang keluaran dari *Ai-Thinker* yang *support AT Command*. Untuk penggunaan *tool loader Firmware* yang digunakan yaitu *firmware* NodeMcu (Khalijah, 2019). Spesifikasi dari NodeMcu ESPP8266 dapat dilihat pada Tabel 4.

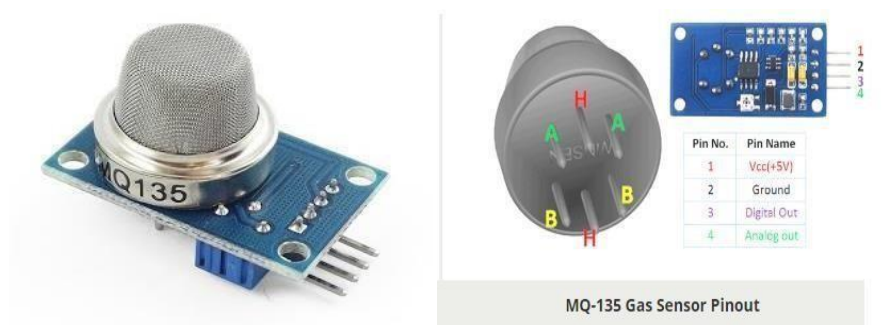
Tabel 4 Spesifikasi NodeMcu ESP8266

Karakteristik	Keterangan Nodemcu
Mikrokontroler	ESP8266
Ukuran Board	57 mmx30mm
Tegangan Input	3.3 ~ 5V
GPIO	13 PIN
Kanal PWM	10 Kanal
10 bit ADC Pin	1 Pin
Flash Memory	4 MB
Clock Speed	40/26/24 MHz
WiFi	IEEE 802.11 b/g/n
Frekuensi	2.4 GHz– 22.5 Ghz
1A USB Port	Micro USB

(Sumber : Khalijah, 2019)

G. Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 yaitu sensor yang dapat memonitor kualitas udara untuk mendeteksi gas amonia (NH_3), natrium dioksida (NO_x), alkohol atau ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), benzena (C_6H_6), karbondioksida (CO_2), gas belerang atau sulfurhidroksida (H_2S), dan gas lainnya yang ada di udara. Sensor MQ-135 melaporkan hasil deteksi dari kualitas udara berupa perubahan dari nilai resistansi analog yang ada pada pin keluarannya. Pin keluaran tersebut dapat disambungkan dengan pin *Analog Digital Converter (ADC)* di mikrokontroler atau *pin analog input* Arduino dengan menambahkan satu buah resistor yang berfungsi sebagai pembagi tegangan atau *voltage divider*. Sensor MQ-135 bekerja dengan cara menerima perubahan nilai resistansi bila terkena gas (Rosa, 2020). Bentuk fisik dari sensor MQ-135 dapat dilihat pada Gambar 2.



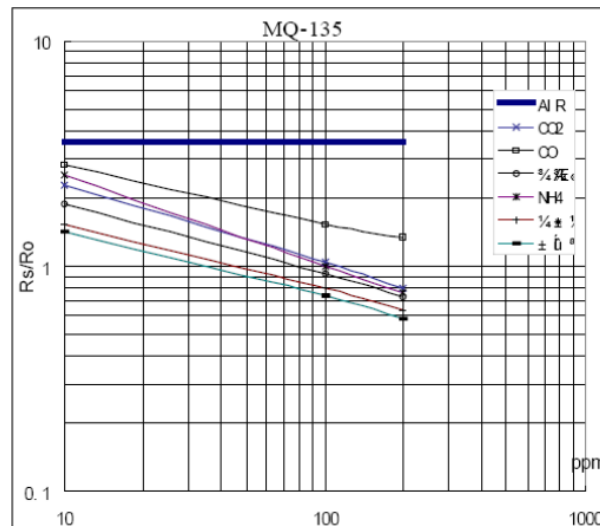
Gambar 2. Sensor Gas MQ-135

Sensor MQ-135 memiliki daya tahan yang baik untuk penggunaan penandabahayapolusi udara karena praktis dan tidak memakan daya yang besar. Penyesuaian sensitifitas sensor ditentukan oleh nilai resistansi dari MQ-135 yang berbeda-beda untuk berbagai konsentrasi gas (Rosa, 2020). Spesifikasi dari sensor MQ-135 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Spesifikasi Sensor MQ-135

Sensitifitas	Tinggi di area deteksi yang luas
Usia	Panjang
<i>Detection Gas</i>	NH ₃ , NO ₂ , alcohol, benzene dan lainnya
<i>Concentration</i>	10-10000 ppm
<i>Loop Voltage (Vc)</i>	<24V
<i>Heater Voltage (Vh)</i>	5V
<i>Load Resistance (RL)</i>	Dapat Disesuaikan
<i>Heater Resistance (Rh)</i>	31 ohm
<i>Heater Consumption</i>	<900Mw
<i>Sensing Resistance</i>	2K ohm – 20K ohm (pada 100 ppm NH ₃)
<i>Slope</i>	>=5
<i>Standard Operating Voltage</i>	5 V
<i>Preheat time</i>	>48

Pada dasarnya sensor MQ-135 terdiri dari tabung aluminium yang dikelilingi oleh silikon dan di pusatnya ada elektroda yang terbuat dari aurum di mana ada element pemanasnya. Ketika terjadi proses pemanasan, kumparan akan dipanaskan sehingga keramik menjadi semikonduktor atau sebagai penghantar sehingga melepaskan elektron. Sensor MQ-135 ini memiliki 6 buah masukan yang terdiri dari tiga buah *supply power* (VCC) sebesar +5 volt untuk mengaktifkan heater dan sensor, VSS (*Ground*), dan pin keluaran dari sensor tersebut. Sensor ini memiliki kepekaan yang baik terhadap gas berbahaya (Amonia, Sulfida, Benzena). Sensor ini membutuhkan suplai daya sebesar 5V (Novrian, 2016). Karakteristik gas pada sensor MQ-135 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Karakteristik Gas Dari Sensor MQ-135
(Sumber : Hakim, 2020)

Gambar 3 menampilkan hubungan konsentrasi gas dalam satuan *part per million* (ppm) dengan rasio resistansi sensor (R_S/R_0). R_S adalah resistansi sensor yang berubah sesuai konsentrasi gas yang diukur. R_0 adalah resistansi sensor pada konsentrasi yang diketahui tanpa kehadiran gas lain, atau di ruang hampa. Dari grafik pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa rasio tahanan sensor MQ-135 di ruang hampa adalah konstan. Nilai rasio tahanan sensor MQ-135 adalah sebagai berikut.

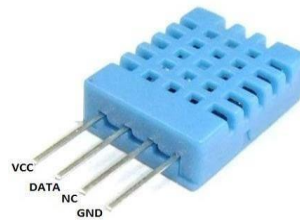
$$R_S/R_0(MQ135) = 3.6 \text{ ppm} \quad (\text{Hakim, 2020})$$

Maka untuk menghitung R_0 diperlukan nilai R_S di ruang hampa, yaitu dengan mengambil pembacaan rata-rata analog (ADC) dari sensor dan mengubahnya menjadi tegangan (Hakim, 2020).

H. Sensor DHT11

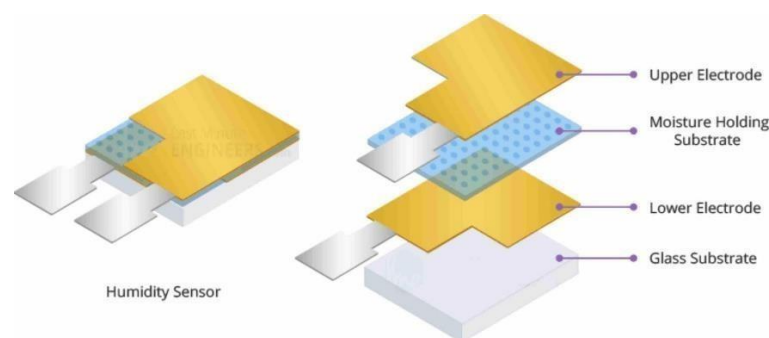
Sensor DHT11 merupakan sensor yang dapat mengukur suhu dan kelembapan udara sekitarnya. Sensor DHT11 mengukur suhu disekitarnya dengan mengeluarkan sinyal digital pada pin data sehingga tidak memerlukan sinyal input analog lain dalam pengoperasiannya. Keluaran dari sensor DHT11 berupa

sinyal digital yang sudah terkalibrasi (Ekayana, 2016). Bentuk fisik sensor DHT11 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sensor DHT11

Cara sensor DHT11 mengukur kelembaban dapat dilihat pada Gambar 5. Sensor DHT11 mendeteksi uap air dengan mengukur resistansi listrik antara dua elektroda. Komponen pendeteksi kelembaban yang digunakan adalah berupa substrat penahan kelembaban dengan elektroda. Ketika uap air diserap oleh substrat, ion dilepaskan oleh substrat yang akan menyebabkan peningkatan terhadap konduktivitas antar elektroda. Perubahan resistansi antara kedua elektroda sebanding dengan kelembaban relatif. Kelembaban relatif yang tinggi akan mengurangi resistansi antara elektroda, sementara kelembaban relatif yang lebih rendah akan meningkatkan resistansi antara elektroda (Rianto, 2019).



Gambar 5. Cara Kerja Sensor DHT11
(Sumber : Mahir Elektro)

Sensor DHT11 mendeteksi besarnya suhu dan kelembaban relatif udara disekitar sensor. Sensor DHT11 memiliki output tegangan analog yang dijadikan

masukannya oleh mikrokontroler. Sensor DHT11 pada umumnya memiliki fitur kalibrasi nilai pembacaan suhu dan kelembaban yang cukup akurat.

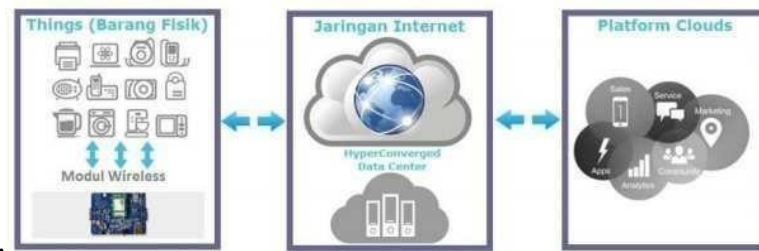
Sensor DHT11 memiliki tegangan kerja input output 3 sampai 5 Volt. Kelembaban yang diukur 20% sampai 80% RH dengan tingkat akurasi kesalahan lebih kurang 5%. Sedangkan pengukuran temperatur mulai dari 0 sampai 50 °C dengan tingkat akurasi kesalahan 2°C. Jumlah pin yang terdapat pada DHT11 ada 4 dan yang digunakan adalah ground data (Siswanto, 2019).

I. *Internet of Things (IOT)*

Internet of Things (IoT) adalah aktifitas yang pelakunya saling berinteraksi dan dilakukan dengan menggunakan internet (Wawaroudeng, 2018). Penggunaan *Internet of Things* banyak ditemui dalam aktifitas manusia, contohnya seperti transportasi *online*, *e-commerce*, pemesanan tiket secara *online*, *live streaming*, *e-learning* dan lainnya. IoT juga digunakan pada komponen-komponen dalam bidang tertentu seperti *temperature sensor*, *GPS tracking*, dan sebagainya dengan menggunakan internet atau jaringan sebagai media untuk menggunakannya. Banyaknya kegunaan dari *Internet of Things* mampu membuat segala sesuatu lebih mudah. Pada bidang pendidikan IoT sangat dibutuhkan untuk melakukan aktifitas dengan menggunakan sistem dan tertata dengan rapi (Efendi, 2018).

Cara kerja IoT mengacu pada 3 elemen utama yang ada pada struktur IoT, yaitu barang fisik, perangkat koneksi ke internet dan data base. Barang fisik dilengkapi dengan menggunakan modul IoT, perangkat koneksi ke Internet terdiri atas modem, *Router Wireless Speedy* dan *Cloud Data Center* yang digunakan untuk menyimpan aplikasi dan juga data base. Konsep *Internet of Things* dapat

dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Konsep *Internet of Things*

Cara kerja dari *Internet of Things* memanfaatkan sebuah argumentasi pemrograman. Setiap perintah argumen menghasilkan sebuah interaksi antara sesamamesin yang terhubung secara otomatis tanpa ada campur tangan manusia dalam jarak tanpa batas. Internet menjadi sarana penghubung antara kedua interaksi mesin tersebut, manusia hanya berperan sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut (Efendi,2018).

J. Web

Web merupakan suatu halaman yang memuat situs-situs *web page* yang adapada internet yang digunakan sebagai media untuk penyampaian informasi, komunikasi, atau transaksi (Hartanti, 2015). *Web* adalah salah satu layanan internet yang populer, layanan ini dijadikan media untuk mempromosikan Lembaga, institusi maupun perusahaan. Fasilitas yang ada tersebut juga digunakan untuk mengakses informasi dan data secara efektif dan juga efisien. *Web server* dengan menggunakan *protocol* HTTP yang menggunakan arsitektur *client-server*, yaitu sebuah *web server* yang dapat memberikan layanan HTTP sesuai dengan yang diminta oleh aplikasi *client* (Khalijah, 2019).

Web Thingspeak merupakan platform IoT yang dapat digunakan untuk mengumpulkan dan menyimpan data yang ada pada *cloud* dan mengembangkan aplikasi IoT. *Platform Thingspeak* dapat memberikan *Application Programming*

Interface (API) key yang kemudian diatur dalam program mikrokontroler, agar dapat melakukan fungsi pengiriman data dari sensor ke *thingspeak*.

Metode IoT mengambil data yang dikirim ke *web server* yang dapat dilihat dengan menggunakan koneksi internet dan menampilkan data yang dihasilkan sensor tanpa dibatasi oleh jarak antar pengirim dan penerima data. *Platform Thingspeak* memberikan *API key* yang dapat diatur dalam program mikrokontroler, untuk melakukan fungsi dari pengiriman data dari sensor menuju ke *Thingspeak* (Khalijah, 2019).

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancang bangun sistem monitoring kualitas udara menggunakan nodemcu berbasis IoT didapatkan beberapa kesimpulan.

1. Hasil spesifikasi performansi sistem monitoring kualitas udara terdiri dari sistem mekanik dan sistem elektronik sensor MQ-135 untuk mendeteksi kadar CO₂ dan kadar CO, sensor DHT11 untuk mendeteksi keadaan suhu dan kelembapan. *Supply* digunakan sebagai sumber tegangan, *wifi* digunakan untuk mengaktifkan alat, perancangan perangkat lunak digunakan untuk membentuk instruksi yang akan digunakan pada sistem kerja alat. Sensor yang digunakan pada alat memiliki sensitifitas yang bagus untuk mendeteksi parameter. Sistem yang bekerja pada alat monitoring kualitas udara sudah dapat beroperasi dengan baik.
2. Hasil penentuan spesifikasi desain sistem monitoring kualitas udara menggunakan nodemcu berbasis IoT yaitu terdiri dari dua bagian yaitu ketepatan dan ketelitian. Ketepatan didapatkan dari hasil perbandingan kadar parameter yang terukur oleh alat standar dengan alat yang telah dibuat dan persentasi ketepatan relatif 97,78%. Ketelitian didapatkan dengan cara melakukan pengukuran secara berulang sebanyak 10 kali, didapatkan persentasi kesalahan relatif sebesar 2,24%,.

B. Saran

Berdasarkan pembahasan yang telah dijabarkan maka sebagai saran untuk tindaklanjut dan pengembangan penelitian yaitu :

1. Diharapkan dalam melakukan monitoring kualitas udara harus teliti dan melakukan percobaan berulang kali agar data yang didapatkan lebih akurat.
2. Untuk pengembangan alat selanjutnya disarankan menggunakan baterai sebagai sumber tegangan, supaya *supply* mudah untuk diisi ulang.