

## **BAB 2**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 KAJIAN PUSTAKA**

Penelitian [8] menggunakan Arduino Uno untuk mengatur sistem pendeteksinya, dengan Sensor HCHO. Hasil dari pembacaan sensor akan ditampilkan pada layar LCD, dan akan mengirimkan melalui SIM800L ke perangkat ponsel dalam bentuk SMS. Data hasil pengujian tersimpan dalam bentuk SMS dan alat ini juga dilengkapi dengan *buzzer* sebagai alarm jika formalin terdeteksi dalam makanan. Di dalam alat ini, terdapat *limit switch* yang berperan sebagai penghitung dalam proses pengujian formalin. Dengan hasilnya menunjukkan perbedaan konsentrasi gas dari (0-50) ppm dan semakin banyak kadar formalin maka semakin tinggi juga kadar pelepasan uap formalin. Hasil pengujian memberikan informasi yang penting untuk meningkatkan keamanan dan kebersihan makanan, serta memastikan kepatuhan terhadap standar kesehatan yang berlaku. Penggunaan teknologi ini tidak hanya mendukung deteksi kontaminasi formalin saja, tetapi untuk meningkatkan transparansi dan akurasi dalam pemantauan makanan secara keseluruhan. Namun pada penelitian tersebut mempunyai kekurangan, dengan menggunakan SIM 800L GSM sering kali terjadinya kegagalan pada kartu SIM tersebut, selain itu dengan metode SMS hanya memberikan data terdeteksi/tidaknya formalin dan kadar dari formalin tersebut sehingga masyarakat luas tidak mendapatkan informasi terkait hasil data dari alat tersebut.

Penelitian [10] menghasilkan nilai dalam satuan ppm yang ditampilkan pada LCD dan tersedia dalam sebuah aplikasi yaitu *mit app inventor* di *smartphone*. Metode pelaksanaan proyek ini mencakup perancangan sistem secara keseluruhan, perakitan perangkat keras detektor formalin, perangkaian seluruh rangkaian listrik, pembuatan sistem pemantauan dan kendali alat, serta pengujian sensor HCHO dan NodeMCU ESP8266. Berdasarkan dari hasil percobaan menunjukkan bahwa nilai kadar formalin pada makanan kering dan padat cenderung lebih tinggi dari pada makanan yang berkuah. Perbedaan ini

dipengaruhi oleh konsentrasi senyawa formalin yang ditambahkan dan suhu pada sampel makanan yang diuji memengaruhi hasil pengukuran. Untuk hasil pengujian terhadap NodeMCU ESP8266, data berhasil dikirim sesuai yang diharapkan.

Penelitian [12] menggunakan sensor HCHO, mikrokontroler Arduino Uno, LCD, *buzzer* dan aplikasi Telegram, alat pendeteksi formalin ini dirancang untuk mengidentifikasi kadar formalin dalam berbagai sampel makanan. Alat ini bekerja dengan suhu diatur menggunakan *input keypad*, dan suhu objek tersebut diukur menggunakan sensor DS18S20. Data suhu yang diperoleh untuk memastikan kondisi pengukuran yang konsisten dan optimal. Dalam pengujian ini menggunakan sampel tempe, tahu, ikan asin dan mie menggunakan batas kadar formalin 1,5 ppm, 18,71 ppm dan 2,00 ppm, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa yang mengandung formalin hanyalah tempe sementara tahu, ikan asin dan mie tidak menunjukkan adanya kandungan formalin.

Penelitian [13] dengan metode Penelitian Eksperimen untuk merancang, membuat, dan menguji sistem pendeteksi formalin dan boraks. Sistem ini menggunakan Arduino Mega256 untuk mengendalikan seluruh perangkat, termasuk aplikasi yang dibuat dengan *App Inventor*. Alat ini bekerja dengan cara meletakkan objek tersebut  $\geq 1,5$  ppm, *buzzer* akan berbunyi dan LCD menampilkan pesan apakah objek tersebut mengandung formalin atau boraks, untuk mendeteksi boraks, bahan pangan dihaluskan dan diaduk dengan air panas, setelah pencampuran sampel air kunyit ditambahkan. Sensor TCS3200 mendeteksi akan perubahan warna setelah reaksi bahan tersebut. Jika kedua sensor menunjukkan adanya boraks dan data analog dari sensor dikirim ke Arduino mega 2560 untuk diolah menjadi data digital, kemudian secara nirkabel ke aplikasi *app inventor* melalui ESP8266. Informasi ditampilkan pada LCD dan *buzzer* berbunyi. Melalui integrasi teknologi IoT alat ini dapat mengirimkan informasi secara *real time*.

Penelitian [14] menggunakan metode K-NN yang memiliki kemampuan untuk melakukan klasifikasi dilakukan secara terpisah untuk seriap ciri-ciri objek yang akan diidentifikasi. Alat ini menggunakan komponen, mikrokontroler Arduino Mega Mini, sensor TGS2602. Sensor ini memiliki tingkat akurasi *error*

sebesar 3,42 %. Sensor Ph BNC *Electrode Probe* memiliki Tingkat kesalahan akurasi sekitar 25,89 %. Dalam tahap klasifikasi, metode K-NN digunakan dengan tingkat akurasi mencapai 80,95 %. Hal ini menunjukkan kemampuan sistem untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan objek dengan tingkat keberhasilan yang baik, meskipun beberapa sensor memiliki tingkat akurasi *error* yang berbeda.

Penelitian [15] menggunakan sistem ini dibuat dengan komponen LCD 16x2 dan sensor warna TCS34725. Untuk menguji kandungan *rhodamine-b*, formalin, boraks, dan pewarna tekstil pada sampel makanan, ekstrak kunyit dicampur dengan sampel tersebut. Perubahan warna yang terjadi pada sampel kemudian dideteksi oleh sensor TCS34725 dan data dikirim pada aplikasi android. Klasifikasi data menggunakan metode *fuzzy* mamdani. Setelah serangkaian pengujian, sistem mampu mendeteksi kadar zat formalin, pewarna tekstil, *rhodamine* dan boraks dalam makanan serta menampilkan hasil pada aplikasi android. Pengujian QoS menunjukkan nilai *delay* dari alat ke *firebase* sebesar 5,938 ms dan *throughput* 44,06 Mbps, kemudian dari *firebase* ke android dengan nilai *delay* 5,876 ms dan *throughput* 52,16 Mbps sedangkan pengujian alat ke aplikasi android menunjukkan *delay* 4,666 ms dan *throughput* 62,27 Mbps. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem dapat mengukur kandungan zat tersebut dengan baik dan mentransmisikan data secara efisiensi melalui jaringan nirkabel ke aplikasi android.

Penelitian [16] menggunakan *Neural Network* (NN) untuk melakukan pengenalan pola dan mikrokontroler ATmega16 digunakan untuk mengumpulkan data. *Neural Network* dilatih dengan menggunakan *kohonen*. Algoritma *kohonen* adalah jenis jaringan cerdas yang menggunakan sistem pembelajaran kompetitif dan bersifat *unsupervised*. Menggunakan Sensor *Conducting Polymer* karena sifat dari *Conducting Polymer* menghasilkan tegangan sebagai *respons* terhadap perubahan *resistansi polimer*. Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali untuk setiap pemaparan uap bau daging ayam dan daging sapi yang dilakukan secara bergantian. Dengan hasil bahwa identifikasi uap berhasil dan membedakan antara uap bau dari kedua jenis daging tersebut.

Penelitian [17] menggunakan sensor warna RGB dengan tipe TCS34725, Arduino Nano CH340 dan *Bluetooth* HM-10. Kemudian diakses melalui ponsel

android digunakan untuk menampilkan tingkat kontaminasi formalin. sampel yang diuji berupa daging ayam dan daging sapi dengan berbagai konsentrasi formalin yaitu, 0 %, 2 % dan 5 %. Proses pengumpulan data diulang sebanyak 15 kali untuk setiap jenis makanan yang diuji. Hasil dari pengujian ditampilkan dalam bentuk indikator berwarna, dimana warna hijau menunjukkan bahwa sampel tidak mengandung kontaminasi formalin, sementara warna merah menunjukkan bahwa sampel terkontaminasi formalin. Hasil pengujian kontaminasi formalin pada sampel daging sapi dan daging ayam menunjukkan tingkat akurasi sebesar 99 %. Penggunaan Arduini Nano CH340 sebagai pengendali utama yang memungkinkan proses pengambilan data tepat dan efisien dari sensor warna TCS34725, modul *bluetooth* HM-10 memberikan konektivitas nirkabel antara sistem dan ponsel android yang mana memungkinkan untuk memantau informasi secara *real time*.

Penelitian [18] menggunakan model keputusan pembelajaran mesin dengan algoritma pembelajaran mesin yang berbeda yaitu *Naive Bayes*, *Regressi logistic*, mesin *vector* dukungan dan pengklasifikasi K-NN yang diterapkan pada kumpulan data eksperimental untuk membangun model prediktif. Dengan menggunakan sampel sayuran dan buah-buahan. Untuk mengukur resistansi yang berbeda menggunakan keluaran serial Arduino, sensor HCHO untuk mendeteksi konsentrasi dari formalin, *Bluetooth* HC-05 digunakan untuk menghubungkan perangkat dengan aplikasi android dan LED sebagai indikator adanya formalin tingkat tinggi. Sistem ini mampu mengidentifikasi keberadaan formalin dalam kisaran konsentrasi 1-50 ppm. Dalam sistem ini, formalin yang ditambahkan secara buatan dianggap sebagai "1 jika tidak "0".

Penelitian [19] adalah studi deskriptif dengan metode *cross-sectional* yang bertujuan untuk memberikan gambaran tentang pengetahuan pedagang tahu putih terkait formalin dan pemeriksaan laboratorium untuk mendeteksi kandungan formalin dalam tahu yang dijual di pasar tradisional Kabanjahe, Kabupaten Karo pada tahun 2019. Uji sampel menggunakan larutan *reagen* FO<sub>2</sub>-1 sebanyak 5 tetes dan FO<sub>2</sub>-2 sebanyak 1 mg dan diuji dengan *food contamination* test kit yang menunjukkan perubahan warna. Jika warna violet muncul maka tahu mengandung formalin sedangkan warna putih maka tahu tidak mengandung formalin. Hasil

penelitian ini bahwa dari tahu yang dijual di pasar tradisional Kabanjahe 40 % mengandung formalin dengan kadar 0,4-1 mg/l sementara 60 % tidak mengandung formalin.

Penelitian [20] dengan metode wawancara dan penggunaan kuesioner. wawancara dilakukan dengan 7 pedagang ikan asin di pasar Cisaat dan 8 pedagang di pasar Cibadak Kabupaten Sukabumi. Hasil kuesioner dikumpulkan untuk menggambarkan karakteristik 15 responden berdasarkan usia, jenis kelamin, Tingkat Pendidikan, jumlah ikan asin yang mereka jual, asal ikan asin dan pengetahuan responden. Hasil penelitian ini ditemukan bahwa dari 30 sampel yang diuji, 4 diantaranya mengandung formalin. Analisis *chi-square* menunjukkan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan antara penggunaan formalin pada ikan asin dan pengetahuan penjual tentang formalin dengan nilai sebesar 0,634. Hasil uji *fishers exact* menunjukkan nilai lebih besar yaitu 1 maka tidak ada hubungan yang signifikan antara kedua variabel tersebut. Penelitian tersebut memberikan gambaran mengenai kondisi penjuak ikan asin di pasar dengan teliti serta tingkat pengetahuan pedagang tentang risiko formalin dalam produk pangan dan informasi ini dapat digunakan sebagai dasar untuk meningkatkan pemahaman serta kesadaran pedagang terhadap bahaya formalin.

Penelitian [21] menggunakan pendekatan deskriptif dengan metode *cross-sectional*. Sebanyak 13 pedangan menjadi sampel, yang dimana setiap sampel buah anggur dan apel berjumlah 13 buah. Sampel buah diperiksa menggunakan metode asam *khromotrofik*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa 13 sampel buah anggur yang berasal dari Cina, Australia dan India semuanya negatif mengandung formalin sedangkan, dari 13 sampel buah apel yang berasal dari New Zealand, Cina, Amerika dan Jepang negatif mengandung formalin. Terkait dengan Tingkat pengetahuan responden, sebagian besar memiliki pengetahuan baik 46,1 % pengetahuan kurang 38,5 % dan sedang 15,4 %. Studi ini memberikan kontribusi yang penting dalam memastikan kualitas dan keamanan buah yang beredar di pasaran dan memperkuat kesadaran masyarakat akan pentingnya pengawasan terhadap bahan tambahan yang tidak sehat seperti formalin dalam produk pangan.

**Tabel 2.1 Kajian Pustaka**

Penulis	Judul	Komponen & <i>output</i>	Persamaan	Perbedaan
Putri Pratiwi (2019)	Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kadar Formalin Pada Makanan Menggunakan Sensor HCHO Berbasis Arduino Uno	Arduino Uno, Sensor HCHO, SIM800L, LCD, <i>Buzzer</i> dan <i>Limit Switch</i> ( <i>outputnya</i> pada SMS/Pesan)	LCD dan <i>buzzer</i>	Sensor HCHO MEMS, NodeMCU ESP8266, <i>output</i> telegram dan objek daging ayam
Ahmad Rifa'i, Eka Citra Yanizar, Indra Dwisaputra, M.T, dan Aan Febriansyah, M.T (2022)	Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kandungan Formalin Pada Makanan Berbasis <i>Internet Of Things</i>	Sensor HCHO, NodeMCU ESP8266, LCD dan <i>Buzzer</i> ( <i>outputnya</i> mit <i>app inventor</i> di <i>smartphone</i> )	NodeMCU ESP8266, LCD dan <i>Buzzer</i>	Sensor HCHO MEMS, <i>output</i> telegram <i>bot</i> , dan objek daging ayam
Muhamad Syukri dan Riki Mukhaiyar (2021)	Alat Pendeteksi Formalin Pada Makanan Menggunakan IoT	Arduino Uno ESP8266, Sensor HCHO, Sensor DS18S20, LCD dan <i>Buzzer</i> ( <i>outputnya</i> pada Telegram)	NodeMCU ESP8266, LCD, <i>buzzer</i> dan <i>output</i> telegram <i>bot</i>	Arduino Uno, Sensor HCHO MEMS, Sensor DS18S20. Menggunakan objek daging ayam
Abdul Gafur, Andi Muhammad Nurul Ilham. Ridwang dan Adriani (2023)	Rancang Bangun Pendeteksi Formalin Dan Boraks Pada Makanan Berbasis <i>Internet Of Things</i> (IoT)	<i>Power Supply</i> 5V, sensor TCS3200, sensor HCHO, Arduino Mega 2560, NodeMCU ESP8266 LCD dan <i>Buzzer</i> ( <i>outputnya</i> pada <i>App Inventor</i> )	NodeMCU ESP8266, LCD dan <i>buzzer</i>	Sensor HCHO MEMS, <i>output</i> telegram, hanya mendeteksi formalin dan objek daging ayam
Zamaliq, Fitri Utaminingrum dan Eko Setiawan (2020)	Sistem Klasifikasi Kualitas Daging Ayam menggunakan Metode <i>K-Nearest Neighbors</i> berbasis Arduino	Arduino Mega Mini dan sensor TGS2602 ( <i>outputnya</i> pada metode K-NN)	Objek daging ayam	Sensor HCHO MEMS, NodeMCU ESP8266, LCD, <i>buzzer</i> dan <i>output</i> telegram
Baiq Yupani Wayana, Rendy Munadi dan Sofia Naning Hertiana (2022)	Alat Pendeteksi Zat <i>Rhodamine B</i> , Formalin, Boraks Dan Pewarna Tekstil Pada Makanan Menggunakan Metode <i>Fuzzy Mamdani</i>	Sensor warna TCS3200, NodeMCUESP8266 dan LCD 16x2 ( <i>outputnya</i> pada aplikasi Android)	NodeMCU ESP8266 dan LCD	Sensor HCHO MEMS, <i>buzzer</i> , <i>output</i> telegram <i>bot</i> , hanya mendeteksi formalin, dan objek daging ayam

Penulis	Judul	Komponen & <i>output</i>	Persamaan	Perbedaan
Benrad Edwin Simanjuntak, Marhaposan Situmorang, Syahrul Humaidi dan Marzuki Sinambela (2023)	<i>Indentification of Beef and Chicken Experiments using Conduction Polymer Sensor Series and Kohonen Algorithm Method</i>	Sensor <i>Conducting Polymer</i> dan ATmega16 ( <i>outputnya</i> pada Laptop/PC)	Objek daging ayam	Sensor HCHO MEMS, NodeMCU ESP8266, LCD, <i>buzzer</i> , dan <i>output</i> telegram <i>bot</i>
Neneng Fitrya, Shabri Putra Wirman dan Riri Gusfita (2019)	<i>Design of formalin Use Investigation System In Food Using Android-Based Tcs34725 Color Sensor</i>	Sensor warna TCS34725, Arduino Nano CH340 dan <i>Bluetooth</i> HM-10 ( <i>outputnya</i> pada Android)	Tidak ada	Sensor HCHO MEMS, NodeMCU ESP8266, LCD, <i>buzzer</i> , objek daging ayam, telegram <i>bot</i> .
Kanij Tabassum, Afsana A. Memi, Nasrin Sultana, Ahmed W. Reza dan Surajid D. Barman (2019)	<i>Food and Formalin Detector Using Machine Learning Approach</i>	Arduino, Sensor HCHO, <i>Bluetooth</i> HC-05 dan LED ( <i>outputnya</i> pada Android)	Tidak ada	Sensor HCHO MEMS, NodeMCU ESP8266, LCD, <i>buzzer</i> , objek daging ayam dan <i>output</i> telegram <i>bot</i>
Monica Heskelya Manurung (2019)	Gambaran Pengetahuan Pedagang Tahu Tentang Formalin Dan Pemeriksaan Kadar Formalin Pada Tahu Yang Dijual Di Pasar Tradisional Kabanjahe Kabupaten Karo	<i>Test Kit</i>	Tidak ada	Sensor HCHO MEMS, NodeMCU ESP8266, LCD, <i>buzzer</i> , objek daging ayam dan <i>output</i> telegram <i>bot</i>
Siti Ulfah Fauzia Hasanah, M. Fakhri Kurniawan dan Siti Aminah (2021)	Analisis Kandungan Formalin Pada Ikan Asin di Pasar Tradisional SukaBumi serta Hubungannya Dengan Pengetahuan Penjual Tentang Formalin	<i>Test Kit</i>	Tidak ada	Sensor HCHO MEMS, NodeMCU ESP8266, LCD, <i>buzzer</i> , objek daging ayam dan <i>output</i> telegram <i>bot</i>

Penulis	Judul	Komponen & <i>output</i>	Persamaan	Perbedaan
Daelis, Andi Daramusseng dan Hansen (2023)	Kandungan Formalin Pada Buah Anggur dan Apel dan Gambaran Pengetahuan Penjual Tentang Penggunaan Formalin Di Jalan Yos Sudarso Kota Sangatta	Asam <i>Khromotrofik</i>	Tidak ada	Sensor HCHO MEMS, NodeMCU ESP8266, LCD, <i>buzzer</i> , objek daging ayam dan <i>output telegram bot</i>

## 2.2 DASAR TEORI

Dasar teori ini akan menjelaskan tentang teori, metode dan komponen apa saja yang digunakan dalam Analisis *Prototype* Alat Pendeteksi Formalin Pada Daging Ayam Berbasis *Internet of Things* bertujuan untuk mengembangkan penelitian sebelumnya agar hasil data yang terbaca pada telegram bot membantu masyarakat atau BPOM agar lebih mudah mendeteksi adanya formalin. Daging Ayam yang belum diolah dalam penelitian ini sebagai objek, kemudian Sensor HCHO MEMS untuk mendeteksi adanya formalin pada daging ayam dan berapa kadar yang terkandung. Selain itu menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler agar memproses data dari sensor tersebut dan sebagai modul *wifi* yang akan mengirimkan hasil data ke aplikasi telegram *bot* dan juga akan di tampilkan melalui LCD lalu *buzzer* sebagai alarm apabila objek mengandung formalin.

### 2.2.1 Daging Ayam

Daging ayam salah satu peran yang penting untuk pemenuhan kebutuhan gizi bagi manusia, karena mengandung nutrisi protein, lemak, mineral, karbohidrat dan vitamin. Saat ini daging ayam sebagai sumber utama dari menu konsumen. Daging ayam relatif mudah untuk didapatkan dan mudah untuk dipelihara. Biaya untuk memelihara lebih murah dibandingkan dengan hewan lain seperti sapi atau kambing [21].



**Gambar 2.1 Daging Ayam [22]**

Pada Gambar 2.1 daging ayam telah menjadi bahan makanan yang umum dalam berbagai hidangan seperti memanggang, membakar, mengasapi, merebus dan menggoreng. Daging ayam juga menjadi bahan makanan yang sering digunakan dalam makanan cepat saji, daging ayam dianggap lebih sehat karena memiliki konsentrasi kolesterol dan lemak jenuh yang lebih rendah.

### 2.2.2 Formalin

Formalin atau *formaldehid* ini memiliki banyak nama lain berdasarkan senyawa campurannya, formalin mengandung senyawa  $\text{CH}_2\text{OH}$  yang reaktif dan mudah mengikat air. Setelah bercampur dengan air, formalin memiliki rumus kimia  $\text{HCHO}$ . Konsentrasi larutan *formaldehid* sebanyak 37%-40%. Formalin sering digunakan sebagai bahan pengawet, antiseptik, dan disinfektan. Meskipun formalin dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, penggunaannya sebagai zat tambahan dalam makanan sangat dilarang dan ilegal dalam sebagian besar negara. Ini karena formalin dapat memiliki efek kesehatan yang berbahaya jika dikonsumsi dalam makanan [23].



**Gambar 2.2 Formalin [23]**

Pada Gambar 2.2 mengenai formalin yang memiliki efek negatif apabila terpapar formalin dalam jangka pendek yang mengakibatkan masalah pencernaan dan dapat menyebabkan iritasi pada saluran pencernaan, seperti gangguan lambung dan perut, gangguan pernapasan terhadap uap formalin yang menguap dari makanan yang terkontaminasi dapat menyebabkan masalah pernapasan, termasuk batuk, sesak napas dan iritasi tenggorokan dan alergi atau iritasi kulit jika mereka terpapar formalin, baik melalui makanan atau kontak langsung dengan kulit. Untuk membuat larutan konsentrasi formalin dalam satuan ppm, maka diubah terlebih dahulu satuan ppm menjadi gram dan kemudian menghitung volume formalin yang akan di uji coba dengan massa jenis formalin sebesar  $815 \frac{kg}{m^3}$  seperti rumus persamaan berikut.

$$ppm = X \frac{mg}{L} \quad \text{dan} \quad \rho = \frac{m}{v} \rightarrow v = \frac{m}{\rho} \quad (2.1)$$

Efek terhadap kesehatan manusia pada jangka pendek apabila konsentrasi formalin sebesar (0,1-1) ppm dapat menyebabkan iritasi pada hidung dan tenggorokan, (1,1-5,0) ppm dapat menyebabkan sulit bernafas, rasa terbakar pada hidung dan tenggorokan, (10-20) ppm dapat menyebabkan kerusakan jaringan dan kerusakan serius saluran pernafasan. Efek jangka panjang terhadap kesehatan manusia dapat mengakibatkan penyakit kanker [24].

### 2.2.3 Sensor HCHO MEMS

Sensor HCHO MEMS merupakan sensor deteksi gas yang dikembangkan menggunakan teknologi sistem mikro-elektromekanis (MEMS). Sensor ini mampu mendeteksi kandungan gas *formaldehid* pada lingkungan agar dapat mengetahui kualitas udara. Sensor ini memiliki respons yang konsisten dan sensitivitas tinggi terhadap gas *formaldehida* dengan dimensi ukuran 13x13x2,5 mm serta daya <20 mA [25]. Pada Gambar 2.3 mengenai sensor MEMS tersebut mencakup 11 jenis gas yaitu HCHO, CO, CH<sub>4</sub>, VOC, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, E<sub>1</sub>OH, *smoke*, Odor, H<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>. Sensor ini mengukur konsentrasi gas *formaldehida* secara kualitatif, maka cocok untuk pembersih udara, sistem HVAC, perangkat pintar dan *detector portable*.



**Gambar 2.3 Sensor HCHO MEMS [25]**

Pada Tabel 2.3 mengenai spesifikasi sensor HCHO MEMS yang memiliki tegangan catu daya antara 3,3 hingga 5 V. Sensor ini dirancang untuk mendeteksi salah satunya gas *formaldehyde* dengan daya arus kurang dari 20 mA. Selain itu, sensor ini memiliki kemampuan deteksi yang cukup terbatas, hanya dapat mendeteksi konsentrasi formalin dalam rentang 0 hingga 3 ppm. Spesifikasi ini menunjukkan bahwa sensor HCHO MEMS digunakan untuk mendeteksi formalin dalam kadar rendah.

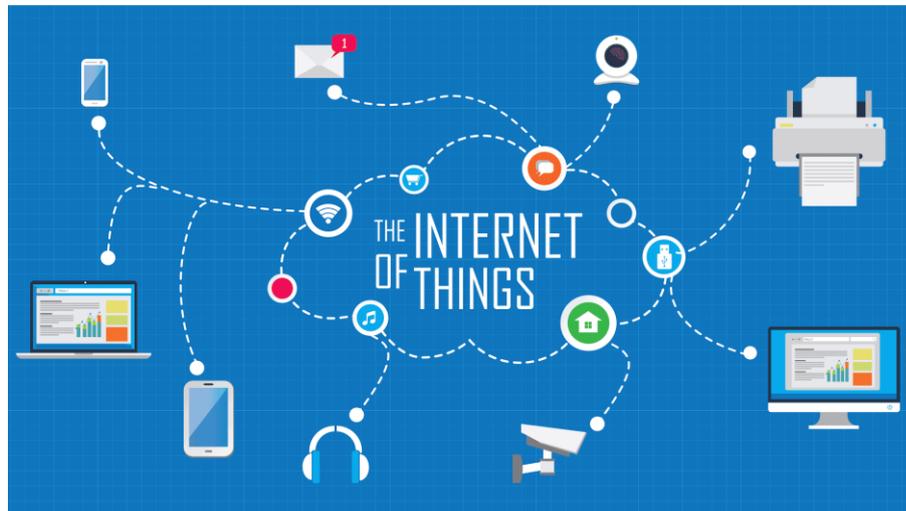
**Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor HCHO MEMS**

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan catu daya	3,3-5 V
Target gas	<i>Formaldehyde</i> (CH <sub>2</sub> O, HCHO)
Daya arus	<20 mA
Konsentrasi	0-3 ppm

#### 2.2.4 *Internet of Things* (IoT)

*Internet of Things* adalah teknologi canggih yang bertujuan memperluas manfaat dari konektivitas internet yang selalu terhubung. *Internet of Things* merujuk pada teknologi yang memungkinkan mesin, perangkat, dan objek fisik lainnya untuk terhubung melalui sensor dan aktuator, sehingga dapat mengumpulkan data dan mengelola operasi mereka sendiri. Ini memungkinkan kerja sama antara berbagai mesin dan perangkat. *Internet of Things* merupakan konsep komputasi yang menggambarkan masa depan di mana setiap objek fisik

dapat terhubung ke internet, yang memungkinkan komunikasi dan identifikasi antar perangkat [26].



**Gambar 2.4** *Internet of Things* dalam jangkauan luas [27]

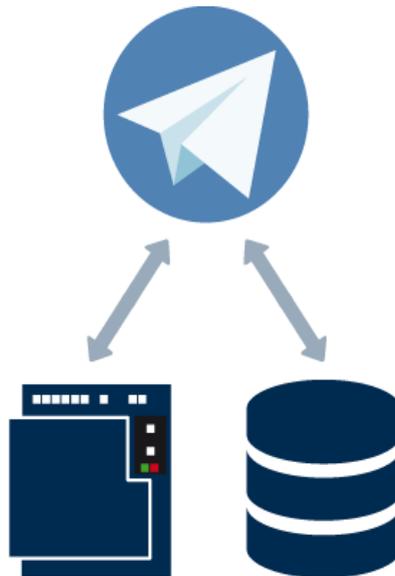
Pada Gambar 2.4 *Internet of Things* memiliki berbagai aplikasi penting yang sudah diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa contoh implementasi IoT termasuk pelacakan keamanan produk pangan, pemantauan kondisi kebersihan pangan, pemantauan *implant* jantung, pelacakan hewan peternakan dengan transponder *biochip*, rumah pintar (*smarthome*), kota cerdas (*smart city*), dan sistem e-tilang. IoT membawa sejumlah manfaat, antara lain:

1. Pangan: IoT dapat digunakan untuk menciptakan sistem pelacakan yang lebih akurat, memungkinkan pelacakan makanan tertentu yang lebih cepat dan akurat terkait dengan pengelolaan insiden kontaminasi dan wabah penyakit, serta sensor dan perangkat IoT dapat digunakan untuk memantau kebersihan pada area pengolahan makanan dan restoran dapat membantu memastikan keamanan pangan bagi konsumen.
2. Bidang Kesehatan: IoT membantu dokter dalam meningkatkan efisiensi pekerjaan mereka dan mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk tugas medis.
3. Pendidikan: Dalam pendidikan, IoT dapat meningkatkan keamanan sekolah, memantau kehadiran siswa dan staf, memudahkan peminjaman buku, mempermudah pengelolaan absensi dan mendukung pembelajaran melalui sistem *e-learning*.

4. Pelayanan Publik: IoT mempermudah aktivitas sehari-hari masyarakat dalam layanan publik. Contohnya termasuk sistem e-tilang, kartu Jakarta *One Card*, dan penggunaan bus modern.
5. Kehidupan sehari-hari: IoT membantu perangkat elektronik untuk terhubung ke internet, memungkinkan pengendalian jarak jauh dan memberikan kenyamanan dalam kehidupan sehari-hari [27].

### 2.2.5 Telegram

Telegram merupakan aplikasi layanan untuk mengirimkan pesan secara instan yang termasuk dalam kategori *social messaging*. Pada Gambar 2.5 merupakan aplikasi yang menyediakan layanan pengiriman pesan instan berbasis *cloud* yang dapat diakses secara gratis. Telegram dapat diakses melalui berbagai perangkat seluler dan komputer, seperti Android, iOS, *Windows*, dan *Linux*. Pengguna dapat menggunakan Telegram untuk mengirim pesan teks, foto, video, stiker, audio, dan berkas lainnya [28].

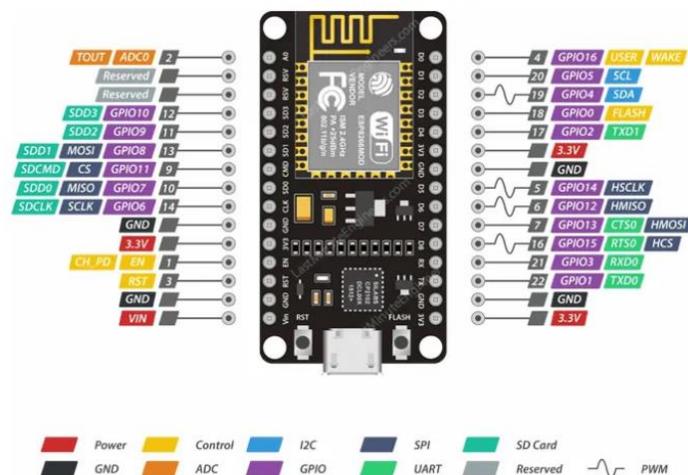


**Gambar 2.5 Telegram [28]**

Salah satu fitur unik dari Telegram adalah kemampuan untuk mengirim pesan ujung ke ujung yang dapat dideskripsi secara opsional, meningkatkan privasi dan keamanan komunikasi pengguna. Selain itu, Telegram juga memiliki fitur *Bot* yang memungkinkan pengguna membuat *bot* kustom sesuai kebutuhan dan mengotomatis berbagai tugas. *Bot* Telegram telah menjadi salah satu fitur populer dalam aplikasi ini dan digunakan secara luas oleh pengguna.

## 2.2.6 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sistem mikroprosesor yang menggabungkan berbagai komponen seperti CPU, ROM (*Read Only Memory*), RAM (*Random Access Memory*), antarmuka *input-output* (*I/O interface*), *clock*, dan komponen internal lainnya yang telah terhubung dan diatur oleh produsen mikrokontroler. Semua komponen ini terdapat dalam satu *chip* yang siap digunakan. Ini memungkinkan pengguna untuk langsung menggunakan isi ROM sesuai dengan panduan yang disediakan oleh produsen. NodeMCU merupakan salah satu platform *Internet of Things* bersifat *opensource* yang terdiri dari *hardware* ESP8266 yang dimana sebagai *system on chip* dan *firmware* dibentuk menggunakan bahasa pemrograman *scripting*. Mempunyai salah satu fitur yang membedakan NodeMCU dengan mikrokontroler lain dimana memiliki kemampuan yang dapat terhubung dengan jaringan *wifi* melalui modul ESP8266 yang terpasang pada *board* [29].



**Gambar 2.6 Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 [29]**

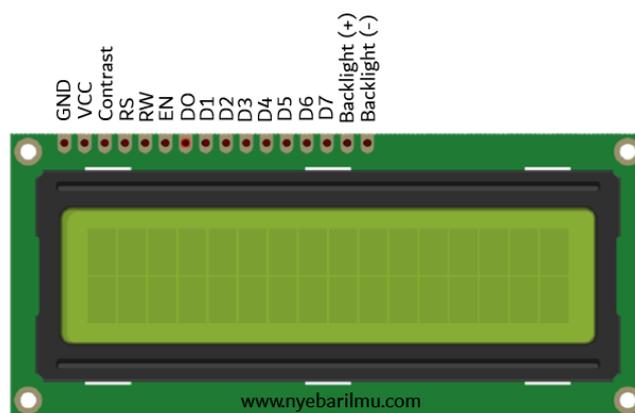
Pada Gambar 2.6 NodeMCU ESP8266 dilengkapi dengan dua tombol fisik. Salah satunya adalah tombol RST yang terletak di pojok kiri atas berfungsi untuk mengatur ulang *chip* ESP8266. Sementara itu, tombol *FLASH* yang terletak di sudut kiri bawah disebut tombol *unduh* yang digunakan untuk memperbarui *firmware* pada NodeMCU. Total *pin* NodeMCU ESP8266 memiliki 30*pin* yang menghubungkan berbagai perangkat eksternal [30].

Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 memiliki 17pin GPIO yang terdiri dari *header pin* pada kedua sisi papan pengembangan. Dimana *pin* ini digunakan untuk berbagai macam fungsi *peripheral*, yang termasuk:

1. Saluran ADC terdapat 10bit.
2. Antarmuka UART sebagai memuat kode secara *serial*.
3. *Output PWM* → *pin PWM* digunakan untuk mengendalikan LED.
4. Antarmuka SPI, I2C dan I2S sebagai penghubung semua jenis sensor dan *peripheral*.
5. Antarmuka I2S jika ingin menambahkan suara pada proyek.

### 2.2.7 LCD

LCD, atau *Liquid Crystal Display*, merupakan perangkat tampilan elektronik yang menampilkan teks atau angka. Pada perancangan ini digunakan LCD dengan karakteristik 16x2. LCD 16x2 memiliki kemampuan untuk menampilkan 32 karakter dalam 2 baris, sehingga 1 baris mencakup 16 karakter. LCD 16x2 ini mempunyai karakter yang terdiri dari matriks 5x8 piksel dengan tampilan yang jelas dan mudah dibaca. Pada Gambar 2.7 LCD ini pada umumnya menggunakan 16 pin sebagai kontrolnya, selain itu LCD juga dapat dikontrol dengan jalur I2C. Melalui I2C LCD hanya menggunakan 2 pin saja yaitu SDA (Serial Data) dan SCL (Serial Clock) [31].



**Gambar 2.7 LCD [31]**

LCD memiliki dua jenis *register*, yaitu *register* perintah dan *register* data. *Register* perintah berisi daftar perintah yang digunakan untuk menyimpan

instruksi yang diberikan kepada LCD. Instruksi-instruksi ini mengatur LCD untuk menjalankan berbagai tugas sesuai dengan perintah pengguna, seperti memanggil, membersihkan tampilan, menetapkan posisi kursor, mengontrol tampilan layar, dan menampilkan karakter di layar.

### 2.2.8 *Buzzer*

*Buzzer* adalah komponen elektronik yang mengubah getaran arus listrik menjadi getaran suara. Pada Gambar 2.8 *Buzzer* ini memiliki kumparan elektromagnetik yang terpasang pada diafragma, ketika arus listrik mengalir melalui kumparan, medan magnet akan tercipta. Medan ini yang menyebabkan kumparan bergerak ke dalam atau keluar, tergantung pada arah arus dan polaritas magnet. Karena kumparan yang terhubung dengan diafragma, setiap Gerakan kumparan akan memicu Gerakan diafragma bolak-balik dan menghasilkan getaran udara yang menciptakan suara [32].



**Gambar 2.8 *Buzzer* [30]**

*Buzzer* pada umumnya digunakan untuk penanda bahwa suatu proses telah selesai atau ada kesalahan dalam sebuah perangkat (seperti *alarm*). *Buzzer* memiliki dua jenis, yaitu aktif dan pasif. *Buzzer* aktif akan bersuara secara langsung ketika diberikan tegangan, sedangkan *buzzer* pasif akan mengeluarkan suara hanya jika frekuensi tegangan berubah. Dengan perubahan frekuensi tegangan, *buzzer* dapat menghasilkan suara yang menyerupai nada-nada berbeda, mirip dengan variasi frekuensi suara. Seperti halnya dengan LED, *buzzer* dapat dihidupkan secara langsung dengan sinyal *on-off* (*high-low*) atau dengan menggunakan sinyal PWM. Operasi *buzzer* sangat mirip dengan operasi LED, dan kita dapat menggunakan *pin* PWM untuk mengatur nada suaranya.

### 2.2.9 Arduino IDE

Arduino merupakan perangkat lunak digunakan untuk mengembangkan program (biasanya dalam Bahasa C++) yang diunggah ke papan Arduino. Arduino sendiri adalah platform perangkat keras *open source* digunakan dalam membuat berbagai jenis proyek elektronika. Pada Gambar 2.9 merupakan Arduino IDE yang dapat menulis kode program untuk mengontrol berbagai fungsi dan perangkat yang terhubung ke papan Arduino. Salah satu fitur yang paling berguna dari IDE adalah ketersediaan *library*. *Library* adalah kumpulan kode yang telah ditulis sebelumnya untuk melakukan tugas-tugas umum atau kompleks [33].



**Gambar 2.9 Arduino IDE [33]**

Dengan menggunakan *library* dapat menghemat waktu dan upaya dalam pengembangan program, karena dapat memanfaatkan kode yang sudah ada untuk tugas tertentu. IDE memiliki berbagai *library* yang mencakup berbagai fungsi, seperti mengontrol sensor, menampilkan informasi di layar LCD, mengakses perangkat komunikasi seperti *Bluetooth*, dan banyak lagi. Dengan penggunaan *library* ini, pengembangan dapat dengan mudah mengakses dan memanfaatkan berbagai perangkat keras dan perangkat tambahan, sehingga proses pengembangan proyek menjadi lebih cepat dan efisien.

### 2.2.10 Delay

*Delay (latency)* adalah suatu parameter dalam *Quality of Service (QoS)* yang menunjukkan waktu yang diperlukan untuk data atau informasi jarak dari sumber (*source*) ke tujuan (*destination*). Faktor-faktor yang mempengaruhi *delay* antara lain jarak yang harus ditempuh, kondisi fisik media yang digunakan,

Tingkat kongesti dalam jaringan, serta waktu yang dibutuhkan untuk proses data yang dapat mempengaruhi panjangnya *delay* yang terjadi dalam transmisi data [34]. QoS adalah suatu metode yang digunakan sebagai mengukur sejauh mana suatu jaringan komputer bekerja dengan baik dan meningkatkan kualitas pada jaringan untuk menyediakan performansi pada layanan yang berbeda [35].

### 2.2.11 Akurasi

Akurasi adalah suatu pengukuran yang mengindikasikan sejauh mana hasil analisis yang mendekati nilai sebenarnya. Sedangkan, presisi adalah suatu pengukuran menilai sejauh mana hasil analisis yang di peroleh dari serangkaian pengukuran berulang pada ukuran yang sama dengan menggunakan simpangan baku atau koefisien variasi [36].

Persamaan menghitung nilai akurasi sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Error}\% \quad (2.2)$$

Terdapat dua cara untuk mengukur akurasi, yaitu dengan menggunakan *error absolut* adalah nilai mutlak dari perbedaan antara nilai sebenarnya ( $x$ ) dan nilai pengamatan ( $x'$ ), sedangkan *error relatif* diperoleh dengan membagi perbedaan tersebut oleh nilai sebenarnya ( $x$ ). Dengan hasilnya diukur dalam bentuk nilai yang tidak memiliki satuan.

Untuk mengukur nilai akurasi dapat dengan menghitung nilai *error* terlebih dahulu menggunakan persamaan.

$$\text{Error} = \left| \frac{\text{selisih nilai pembacaan}}{\text{nilai konsentrasi formalin}} \right| \times 100\% \quad (2.3)$$

Dalam suatu pengukuran, selain akurasi juga perlu memperhatikan presisi. Presisi mengukur sejauh mana hasil pengukuran yang berulang dalam kondisi yang konsisten untuk menghasilkan nilai yang serupa. Perubahan dalam nilai presisi dapat disebabkan oleh kesalahan acak dalam proses pengukuran, seperti terjadi akibat peralatan pengukuran atau juga bisa faktor lain. Ketika semakin tinggi nilai presisi maka deviasi antar pengukuran akan semakin kecil [37].