

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udara bersih menjadi salah satu komponen lingkungan yang berperan penting dalam keberlangsungan kehidupan manusia (Boyd, 2019), namun seiring perkembangan teknologi dan pembangunan yang pesat, kualitas udara semakin menurun akibat berbagai faktor yang sebagian besar berasal dari aktivitas manusia seperti transportasi dan industri (Kartikasari, 2020). Salah satu polutan utama yang terdapat di udara ambien adalah partikulat kasar (PM_{10} atau partikel yang berdiameter ≤ 10 mikrometer). PM_{10} terdiri dari campuran partikel dan gas yang sangat bervariasi dan kompleks (De Donno dkk, 2018). PM_{10} dapat masuk kedalam saluran pernapasan dan mengendap di paru-paru manusia sehingga dapat mengakibatkan gangguan kesehatan mulai dari sesak nafas, kanker paru-paru sampai kematian (Lestari dkk, 2019). Menurut *Air Quality Life Index* (AQLI) untuk paparan berkelanjutan terhadap tambahan $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} dari baku mutu yang telah ditetapkan dapat mengurangi angka harapan hidup sebesar 0,64 tahun (Greenstone & Fan, 2018).

Pemantauan konsentrasi polutan PM_{10} di udara ambien merupakan hal yang utama dalam rangka pengelolaan kualitas udara. Konsentrasi polutan PM_{10} sebagai parameter sensitif yang berperan dalam menentukan kriteria kualitas udara yang lebih komprehensif. Nilai konsentrasi PM_{10} idealnya diperoleh dari pengukuran secara terus-menerus otomatis menggunakan metode ekuivalen, yaitu metode pengukuran partikulat yang tidak berbasis gravimetrik namun akurasi dan presisi datanya telah diuji dan setara dengan metode referensi yang menggunakan metode gravimetrik sebagai standar emas pengukuran partikulat di dunia internasional. Ketersediaan peralatan pemantauan konsentrasi PM_{10} tidak banyak dimiliki oleh pemerintah daerah, karena keterbatasan sumber daya. Pemantauan konsentrasi PM_{10} saat ini dilakukan di Laboratorium Lingkungan di Daerah dengan menggunakan metode referensi dengan prinsip gravimetrik yang telah diakui sebagai metode terbaik. Sampling partikulat dilakukan dengan menggunakan peralatan HVAS (*High Volume Air Sampler*) (Drijana & Zahara, 2024).

Pemantauan konsentrasi PM_{10} selain menggunakan metode referensi, juga dilakukan menggunakan metode ekuivalen oleh Institusi pemerintah seperti Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) yang mengukur konsentrasi PM_{10} menggunakan instrumen *MetOne Beta-Ray Attenuation Monitors* (BAM) dan

Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) melalui Dinas Lingkungan Hidup (DLH) yang mengukur menggunakan instrumen *Air Quality Monitoring System* (AQMS). Data konsentrasi PM_{10} yang diperoleh digunakan untuk menentukan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), Data ISPU dapat dipantau melalui *display* yang ditempatkan di suatu lokasi dan dapat dilihat juga pada aplikasi ISPU NET (Dinas Lingkungan Hidup, 2023). Saat ini, instrumen pemantau kualitas udara di kota Jambi untuk pemantauan PM_{10} hanya ada dua unit. Terdapat satu instrumen AQMS yang terletak di halaman kantor walikota Jambi dan Alat BAM 1020 yang terletak di BMKG Stasiun Klimatologi Muaro Jambi. Namun, harga dan perawatan, baik AQMS dan *MetOne BAM 1020* sangat mahal serta dibutuhkan keahlian khusus dalam pengoperasiaannya. Selain itu, idealnya satu stasiun pemantau kualitas udara melayani 5 sampai 11 kilometer persegi (*Council of the European Union*, 2008;Concas dkk, 2019), sedangkan kota Jambi memiliki luas 205,4 kilometer persegi (BPS, 2018). Dengan keadaan ini maka butuh waktu yang sangat lama agar kebutuhan itu dapat terpenuhi dan sekaligus mampu mencerminkan variasi konsentrasi PM_{10} yang signifikan antar tempat di dalam suatu wilayah di kota Jambi.

Terdapat metode lain yang dapat digunakan sebagai alternatif yang menjanjikan dalam pemantauan konsentrasi PM_{10} yaitu metode indikatif yang dapat mengindikasikan variasi konsentrasi sebagaimana data yang didapatkan oleh metode referensi. Metode indikatif mengukur konsentrasi PM_{10} dengan menggunakan sensor. Dalam perkembangannya *low-cost sensor* dapat diaplikasikan untuk menjawab permasalahan di atas. Dengan harga yang relatif murah, pemakaian energi sedikit serta tidak terlalu besar ukurannya dibandingkan dengan peralatan konvensional memberikan peluang bagi warga dan komunitas untuk memantau konsentrasi PM_{10} (Snyder dkk, 2013). Beberapa sensor partikel yang sudah beredar di pasaran antara lain *Honeywell HPM115*, *Plantower PMS 7003*, *Novafitness SD011*, *Novafitness SD021*, *Shinyei PPD42NS*, *Samyoung DSM501*, *Sharp GP2Y1010AU0F* yang menjanjikan peluang dalam rangka penerapannya (*Attenuation*, 2017). Berdasarkan hal tersebut peneliti tertarik untuk merancang *prototype* sistem monitoring menggunakan sensor dengan memanfaatkan mikrokontroler dan internet yang dapat memonitoring konsentrasi PM_{10} . Mikrokontroler berfungsi sebagai pengontrol suatu proses dalam sistem. Pada penelitian ini digunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama dan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler yang dapat terhubung internet melalui *wi-fi*.

Prototype ini menggunakan konsep *Internet of Things* (IoT) sehingga dapat memonitoring data konsentrasi PM_{10} dari jarak jauh (Prasanna dkk, 2019). Salah satu *platform* IoT dengan informasi terbuka berbasis *web* dengan tampilan grafik adalah *Thingspeak*. *Platform* ini digunakan dengan menghubungkannya pada koneksi internet agar dapat mengambil dan menganalisis data yang didapatkan dari sensor yang telah dihubungkan dengan mikrokontroler (Pasha, 2016).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *low-cost sensor* sudah mampu memberikan informasi kasar tentang konsentrasi PM_{10} , yang menunjukkan apakah kualitas udara baik, sedang, atau udara tercemar berat. Penelitian dari Purbakawaca,dkk (2017) menggunakan sensor GP2Y1010AU0F dalam pembuatan alat ukur konsentrasi PM_{10} dengan menguji alat ukur selama 24 jam di tiga lokasi dan menyimpulkan bahwa suhu berkorelasi positif dan kelembapan berkorelasi negatif terhadap konsentrasi PM_{10} . Penelitian dari Munabbih, dkk (2020) membuat sistem pemantau kualitas udara dengan menggunakan sensor GP2Y1010AU0F untuk mengukur konsentrasi PM_{10} , sensor TGS 2600 untuk mengukur kadar CO, sensor TGS 2201 untuk mengukur kadar NO_2 dan sensor SHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan menggunakan Arduino dan LoRa, pada hasil pengujian sistem mampu melakukan pembacaan sensor sesuai *data sheet* dan mampu mengirimkan data menuju aplikasi *web*.

Peralatan pengukuran konsentrasi PM_{10} dengan *low-cost sensor* berbasis *Internet of Things* (IoT) sangat mungkin sekali dikembangkan di wilayah-wilayah perkotaan di Indonesia. Instrumen *low-cost sensor* ini bisa dioperasikan di banyak titik pemantauan dan nantinya akan sangat berperan dalam informasi kualitas udara kepada masyarakat dan pemangku kepentingan mitigasi saat terjadinya kondisi kualitas udara yang buruk, misalnya kabut asap dari kebakaran hutan/lahan. Oleh karena itu, penelitian ini dimaksudkan untuk mengembangkan *prototype* sistem monitoring polutan PM_{10} di udara ambien berbasis *low-cost sensor* dan IoT. Tujuan jangka panjangnya adalah nantinya dapat diwujudkan sebagai sebuah sistem pemantauan kualitas udara yang terintegrasi dengan instrumen lain yang sudah dikembangkan.

1.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Terbatasnya jumlah alat pemantau kualitas udara di Indonesia saat ini, menyebabkan sulitnya mendapatkan data kualitas udara yang akurat secara *realtime* di berbagai wilayah. Di kota Jambi, pengembangan peralatan pengukuran

kualitas udara dengan menggunakan *low-cost sensor* berbasis IoT untuk pengukuran PM_{10} sama sekali belum diupayakan. Padahal diperkirakan upaya tersebut dapat menjawab tantangan dalam pemantauan kualitas udara yang selama ini dilakukan di kota-kota Indonesia, sekaligus juga mendorong warga dan komunitas untuk memantau konsentrasi PM_{10} di sekitar yang mana dapat mempengaruhi kesehatannya. Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah untuk penelitian ini ialah:

1. Bagaimana merancang *prototype* sistem monitoring *low-cost sensor* untuk pemantauan PM_{10} secara *realtime*?
2. Bagaimana menghasilkan *prototype* sistem monitoring polutan PM_{10} berbasis IoT yang mampu menampilkan nilai parameter yang diukur pada *web server Thingspeak*?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem monitoring *prototype* dibuat menggunakan sensor Sharp GP2Y1010AU0F untuk mengukur PM_{10} dan Sensor DHT22 Untuk mengukur suhu dan kelembapan.
2. Menggunakan komunikasi serial mikrokontroler Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266.
3. Pemrograman *mikrokontroler* menggunakan Aplikasi Arduino IDE.
4. Perangkat lunak yang digunakan untuk menampilkan monitoring kualitas udara yaitu *Thingspeak*.
5. Terdapat LCD 16x2 sebagai tampilan pada *prototype* sistem monitoring.
6. Variabel yang dianalisis adalah Partikulat *Matter* (PM_{10}).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang *prototype* sistem monitoring *low-cost sensor* untuk pemantauan PM_{10} secara *realtime*.
2. Menghasilkan *prototype* sistem monitoring polutan PM_{10} berbasis IoT yang mampu menampilkan nilai parameter yang diukur pada *web server Thingspeak*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Pemerintah, dapat memberikan alternatif metode monitoring pencemaran udara untuk meningkatkan variasi informasi mengenai Konsentrasi *Particulate Matter*₁₀ (PM₁₀) sehingga dalam membuat kebijakan dan regulasi penanggulangan polusi dan perubahan iklim dapat diformulasikan dengan lebih akurat.
2. Bagi Masyarakat, dapat mempermudah informasi dalam mengetahui kualitas udara secara *realtime* dan bisa dijadikan bahan acuan untuk melihat kualitas udara di sekitar.
3. Bagi Penulis, dapat mengembangkan wawasan dan kemampuan dalam melakukan pengembangan alat ukur polutan pencemar udara terkhususnya pada parameter PM₁₀.