

# BAB 1

## USULAN GAGASAN

### 1.1. Deskripsi Umum Masalah

#### 1.1.1. Latar Belakang

Standar merupakan spesifikasi teknis atau sesuatu yang mencakup prosedur dan metode yang disusun berdasarkan persetujuan seluruh pemangku kepentingan dalam mempertimbangkan persyaratan keselamatan, keamanan, kesehatan lingkungan, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta pengalaman untuk masa kini dan masa yang akan datang untuk memperoleh manfaat yang maksimal [1]. Pemerintah Indonesia mengurus standarisasi dan penilaian kesesuaian melalui BSN (Badan Standardisasi Nasional). Tujuan dari Standardisasi Nasional adalah untuk meningkatkan perlindungan konsumen, mengatur perilaku bisnis, mendukung kesejahteraan tenaga kerja, serta mengedepankan kepentingan masyarakat secara keseluruhan, terutama dalam aspek keselamatan, keamanan, kesehatan, dan pelestarian lingkungan hidup.

Penggunaan mikrosensor dalam sistem pemantauan kualitas udara menjadi alternatif alat ukur peringatan dini dibandingkan dengan alat referensi [2]. Hal ini karena penggunaan alat utama memiliki keterbatasan biaya yang sangat mahal. Mikrosensor memiliki biaya yang rendah dan dapat menyediakan data secara cepat, lebih kecil dan ringan, serta lebih sederhana dalam instalasi dan pemeliharaan. Tetapi mikrosensor juga memiliki beberapa kelemahan dibandingkan alat referensi. Seperti akurasi yang terbatas, ketahanan terhadap lingkungan yang rentan, dan umur yang cenderung lebih pendek. Terlepas dari kekurangan yang dimilikinya, mikrosensor dapat memberikan informasi yang relatif cepat tentang konsentrasi polutan udara dan memungkinkan pengukuran kualitas udara di berbagai lokasi untuk memberikan gambaran kualitas udara [3].

Kang et al. [3] menyatakan bahwa pemantauan kualitas udara menggunakan mikrosensor masih dipertanyakan validitas dan keandalannya dibandingkan dengan metode referensi. Hasil menunjukkan bahwa performa mikrosensor lebih baik dalam kondisi lingkungan yang stabil dan saat menggunakan model regresi lanjutan. Namun dalam kondisi yang tidak stabil atau dengan referensi yang tidak jelas performa sensor menurun. Analisis dari penelitian tersebut memberikan panduan penting bagi peneliti dan praktisi untuk lebih berhati-hati dalam memilih dan menggunakan mikrosensor, serta pentingnya pengaturan eksperimen yang baik untuk meningkatkan keandalan mikrosensor.

Di Indonesia, penelitian sebelumnya mengenai evaluasi mikrosensor untuk PM<sub>2.5</sub> telah dilakukan oleh PRTDRAN (Pusat Penelitian Teknologi Deteksi Radiasi dan Nuklir), BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional). Penelitian ini mengevaluasi sensor berbiaya rendah Purple Air untuk pemantauan PM<sub>2.5</sub> di Bandung melalui perbandingan dengan instrumen Super SASS (Metode Referensi Federal). Pemantauan parameter partikulat udara PM<sub>2.5</sub> ini dilakukan selama periode satu tahun dari Juni 2022 s/d Mei 2023. Hasilnya menunjukkan bahwa mikrosensor mampu memantau variasi temporal PM<sub>2.5</sub>, meskipun cenderung melaporkan konsentrasi 24% lebih tinggi dibandingkan metode referensi. Konsentrasi rata-rata PM<sub>2.5</sub> dari mikrosensor yaitu  $39.04 \pm 15.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , nilai ini berada dibawah standar kualitas PM<sub>2.5</sub> yang ditetapkan oleh pemerintah yaitu  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Koefisien determinasi yang diperoleh dari membandingkan kedua pendekatan itu adalah 0,74. Rasio rata-rata 1,24 menunjukkan konsentrasi mikrosensor lebih tinggi 24% dibandingkan Super SASS. Rentang suhunya 26.29-33.41°C. Rentang kelembabannya 37.41-63.91%. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa mikrosensor efektif untuk pemantauan variasi temporal PM<sub>2.5</sub> dan memberikan informasi yang berharga untuk pengendalian polusi udara[4].

Dari kedua studi literatur tersebut saling berkaitan dalam konteks validasi dan evaluasi performa mikrosensor dalam pemantauan kualitas udara. Kang et al [3] menyoroti tantangan dalam keandalan mikrosensor, khususnya di bawah kondisi lingkungan yang tidak stabil, dan pentingnya pengaturan eksperimen yang baik. Penelitian di Indonesia oleh PRTDRAN (Pusat Penelitian Teknologi Deteksi Radiasi dan Nuklir), BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional) melengkapi pandangan ini dengan evaluasi praktis dari mikrosensor Purple Air untuk pemantauan PM<sub>2.5</sub> di Bandung, walaupun hasilnya efektif namun menunjukkan adanya perbedaan hasil antara mikrosensor dan metode referensi. Pentingnya uji kinerja mikrosensor menjadi jelas dari kedua studi ini. Validasi dan kalibrasi mikrosensor adalah krusial untuk memastikan bahwa data yang dihasilkan akurat dan dapat diandalkan, terutama ketika digunakan dalam pengambilan keputusan kebijakan lingkungan dan pengendalian polusi udara. Uji kinerja yang baik dapat mengidentifikasi kekurangan dan kelebihan mikrosensor di berbagai kondisi lingkungan, membantu dalam peningkatan desain dan implementasi teknologi ini di masa depan. Ini mendukung pengembangan standar nasional seperti SNI 9178:2023 untuk memastikan bahwa mikrosensor memenuhi kriteria sebelum digunakan secara luas dalam pemantauan kualitas udara.

Untuk memastikan kinerja mikrosensor dalam pemantauan kualitas udara ambien memiliki data yang akurat dan andal, diperlukan acuan atau standar yang jelas [2]. Badan Standar Nasional (BSN) menetapkan SNI 9178:2023 untuk uji kinerja alat pemantauan kualitas udara ambien yang menggunakan mikrosensor pada 15 Agustus 2023. Ruang Lingkup SNI 9178:2023 meliputi kalibrasi, kolokasi lapangan, dan validasi data. Standar ini diharapkan dapat memberikan jaminan kualitas terhadap data pemantauan udara ambien yang dihasilkan oleh mikrosensor dan andal dalam memandu kebijakan terkait pengelolaan lingkungan hidup. Selain itu, standar ini juga akan mengatasi kekhawatiran mengenai penggunaan mikrosensor yang belum terstandarisasi di Indonesia, sehingga informasi yang tersedia menjadi lebih andal dan bermanfaat bagi masyarakat[2].

Di dalam SNI 9178:2023 telah ditetapkan syarat keberterimaan uji kinerja untuk mikrosensor parameter partikulat. Syarat keberterimaan ini akan dijadikan acuan selama uji kinerja dilakukan. Pada parameter gas dan meteorologi belum ada syarat keberterimaan uji kinerja yang ditetapkan. Walaupun belum ada syarat keberterimaannya, tetapi parameter tersebut memiliki peran penting sebagai komponen pendukung dalam sistem pemantauan kualitas udara ambien yang menggunakan mikrosensor. Pada saat uji kinerja kalibrasi dan kolokasi, parameter partikulat perlu memperhatikan syarat keberterimaan yang sudah ditetapkan sebagai acuan untuk pemenuhan SNI 9178:2023. Sedangkan uji kolokasi pada parameter gas dan meteorologi hanya perlu memberikan hasil pelaporan uji kinerjanya.

Melalui proyek capstone design ini akan dilakukan uji kinerja yaitu kalibrasi, kolokasi dan validasi data pada parameter gas dan partikulat. Sebelum dilakukan uji kinerja sesuai dengan SNI 9178:2023, maka perlu dilakukan optimalisasi sistem dan chamber. Optimalisasi sistem dilakukan untuk meningkatkan keandalan pada kinerja mikrosensor dengan harapan bisa meminimalisir terjadinya kegagalan pada mikrosensor [5]. Dengan sistem yang handal, diharapkan bisa menunjang proses uji kinerja kolokasi. Optimalisasi chamber dilakukan untuk menyesuaikan penempatan masing-masing sensor agar sensor dapat melakukan pengukuran secara optimal. Akan tetapi, setelah dilakukan pertimbangan dari berbagai hal, kami tidak jadi untuk melaksanakan optimalisasi chamber. Hal tersebut karena pada proyek ini tidak menjadi urgensi utama. Tim selanjutnya yang akan melakukan optimalisasi chamber menggunakan sistem isokinetik sampling. Uji kinerja parameter partikulat dilakukan dengan menunjukkan hasil pelaporan uji kinerja dan memperhatikan syarat keberterimaan yang sudah ditetapkan SNI 9178:2023. Sedangkan uji kinerja parameter gas dan meteorologi hanya menunjukkan hasil pelaporan uji kinerjanya saja.

Sistem yang akan kami kembangkan untuk memenuhi SNI ini nantinya akan digunakan oleh start-up Biru Langit sebagai salah satu start-up yang bergerak di bidang pemantauan polusi udara. Oleh karena itu, diharapkan dengan dikembangkannya sistem ini untuk memenuhi syarat SNI bisa membantu menghasilkan data yang akurat, valid, dipercaya dan dapat dipertanggungjawabkan.

## **1.2. Analisa Masalah**

### **1.2.1. Aspek Teknis**

#### **1.2.1.1. Aspek Keandalan Sistem**

Pada sistem yang sudah eksisting dalam keadaan cuaca yang cerah maupun hujan, sistem dapat bekerja dengan baik dan memberikan data pengukuran. Tetapi ada kalanya mikrosensor tidak mengirim data ketika diperiksa dari platform IoT (*ThingSpeak*). Hal ini mengharuskan kita untuk melakukan pengecekan fisik ke sistem di lapangan. Kondisi seperti ini beberapa kali terjadi sehingga mengakibatkan beberapa data hilang. Hal ini disebabkan oleh konektivitas mikrosensor dengan mikrokontroler masih menggunakan kabel jumper biasa dan sumber tegangan mikrosensor masih mengambil dari mikrokontroler.

Permasalahan yang terjadi biasanya karena adanya kabel yang longgar dan perlu di *reboot*. Maka prosedur perbaikan yang dilakukan yaitu melakukan pengecekan pada kabel antar sensor dengan mikrokontroler dan melakukan *reboot* pada sistem. Hal tersebut tentunya mempengaruhi tingkat keandalan sistem, hal ini perlu diperhatikan dan diperbaiki mengingat sistem perlu bekerja dengan optimal dalam jangka waktu yang panjang. Maka kami melakukan identifikasi untuk optimalisasi dengan mengembangkan dan membuat PCB (*Printed Circuit Board*) dengan desain khusus, dimana nantinya mikrosensor akan mendapatkan tegangan dari sumber tegangan eksternal dengan harapan sensor bisa bekerja dengan optimal karena daya yang dibutuhkan sensor terpenuhi. Selain itu kami akan gunakan konektor molex yang mana konektor tersebut memiliki sistem kunci, dengan harapan tidak ada lagi kabel yang longgar dan membuat sensor mati tidak mengirimkan data.

#### **1.2.1.2. Aspek Keandalan Kinerja**

Sistem pemantauan kualitas udara yang sudah eksisting sebelumnya berada pada gedung Deli, gedung GKU, dan Gedung TULT. Sistem yang sudah eksisting menggunakan mikrosensor. Performa dari mikrosensor cukup baik dalam mengukur perubahan kualitas udara. Mikrosensor memiliki akurasi dan sensitivitas yang terbatas jika dibandingkan dengan alat referensi. Sebelum diintegrasikan dengan sistem dan digunakan untuk

mengukur kualitas udara, dilakukan kalibrasi terlebih dahulu pada mikrosensor. Kalibrasi dilakukan di laboratorium dengan membandingkan hasil pengukuran mikrosensor dengan alat referensi dan menghitung nilai kesalahan pada mikrosensor lalu mengoreksinya. Sehingga mikrosensor dapat memberikan hasil pengukuran yang mendekati dengan alat referensi. Dengan dilakukannya kalibrasi pada mikrosensor, sehingga bisa memberikan hasil pengukuran mendekati nilai yang benar. Maka mikrosensor bisa digunakan untuk mengukur polusi udara yang sesungguhnya.

Setelah melakukan uji kinerja kalibrasi, mikrosensor akan diintegrasikan ke sistem dan dipersiapkan sehingga siap digunakan untuk mengukur dan memantau kualitas udara. Setelah melewati tahap uji kinerja kalibrasi, sistem pemantauan kualitas udara ambien menggunakan mikrosensor akan dilakukan uji kinerja kolokasi. Selain memenuhi syarat SNI 9178:2023, uji kinerja kolokasi lapangan dapat dilakukan untuk mengukur keandalan sistem baik itu dari segi *hardware* maupun data yang dihasilkan. Hal ini karena pada saat kolokasi lapangan, sistem mengukur polusi sesungguhnya di lapangan lalu akan dibandingkan dengan beberapa sistem pemantauan kualitas udara identik menggunakan mikrosensor dan alat referensi.

Dengan dilakukannya uji kinerja kalibrasi dan uji kinerja kolokasi pada mikrosensor, Proyek *Capstone Design* ini diharapkan bisa memberikan keandalan pada kinerja dari mikrosensor. Sehingga dengan tingkat keandalan yang baik pada kinerja mikrosensor, dapat memberikan hasil pengukuran yang maksimal dan validitas data yang dihasilkan diharapkan bisa memenuhi syarat SNI.

#### 1.2.1.3. Validasi Data

Validasi data adalah suatu proses pengolahan data dengan tujuan untuk memastikan bahwa data yang akan digunakan pada analisis atau informasi adalah benar dan akurat. Data yang dihasilkan dari pengukuran mikrosensor bisa saja tidak sepenuhnya benar dan mengandung beberapa pembacaan yang salah. Masalah yang terjadi biasanya adanya fluktuasi tegangan, pembacaan konsentrasi yang terlalu tinggi, pembacaan konsentrasi *outlier*, pembacaan konsentrasi yang konstan, dan lain-lain. Maka untuk menghasilkan data yang valid perlu dilakukan proses validasi data terlebih dahulu. Sehingga dengan dilakukannya validasi data, proyek *capstone design* ini bisa memberikan data yang valid.

## 1.2.2. Aspek Non Teknis

### 1.2.2.1. Aspek Ekonomi

Pengembangan alat pemantauan kualitas udara dengan menggunakan mikrosensor menjadi elemen kunci dalam proyek *Capstone Design* ini. Salah satu aspek penting dalam analisis ekonomi proyek ini menyangkut biaya dari mikrosensor dan pengembangannya. Mikrosensor memiliki biaya yang rendah dibandingkan dengan alat referensi. Dengan menggunakan mikrosensor sebagai sensor utama, biaya pengembangan proyek ini tetap terjangkau dibandingkan menggunakan alat referensi yang membutuhkan biaya lebih mahal. Mikrosensor dipilih sebagai sensor utama karena harga relatif lebih terjangkau dan mudah didapatkan di pasaran karena ketersediaan yang cukup banyak. Selain itu, biaya perawatan dan perbaikan mikrosensor lebih murah dibandingkan dengan alat referensi. Hal tersebut terjadi karena perawatan dan perbaikan mikrosensor tidak membutuhkan tenaga ahli khusus yang menjadi peluang besar pengeluaran biaya, berbeda dengan alat referensi harus menggunakan tenaga ahli yang sudah tersertifikasi. Selain itu, mikrosensor yang digunakan memiliki umur pakai sekitar dua sampai lima tahun. Hal ini memungkinkan proyek ini untuk memberikan manfaat jangka panjang dan menjadi pilihan yang ekonomis dalam pemantauan kualitas udara.

Salah satu keunggulan penggunaan mikrosensor adalah kemampuan melakukan pengukuran secara *real-time*. Pengukuran alat referensi tidak mampu memberikan data secara langsung dan membutuhkan proses untuk melakukan analisis. Proses analisis untuk mendapatkan suatu data tidak hanya memakan waktu, tetapi menambah biaya operasional karena proses tersebut membutuhkan tenaga kerja dan peralatan tambahan sehingga pengeluaran lebih besar. Dalam hal ini pengukuran menggunakan mikrosensor sangat efisien dalam pemantauan kualitas udara, karena pemantauan secara *real-time* sangat penting digunakan untuk informasi dan analisis yang cepat.

Optimalisasi sistem dan chamber ukur menjadi kunci dalam meminimalisir terjadinya kegagalan sistem. Keandalan sistem ini berdampak positif pada pengurangan biaya akibat kegagalan sistem, sehingga menciptakan efisiensi dalam pengoperasian. Penghematan biaya ini menjadi lebih signifikan jika kita mempertimbangkan manfaat jangka panjang dari penggunaan alat pemantauan berbasis mikrosensor. Selain itu, manfaat ekonomi juga terlihat dalam penghematan biaya penggunaan alat referensi yang mahal. Dengan sistem yang andal, biaya sensor yang terjangkau, waktu hidup sensor yang cukup, dan pemenuhan standar yang ketat, sistem ini dapat memberikan penghematan yang cukup

besar jika dibandingkan dengan penggunaan alat referensi. Dengan demikian, proyek ini tidak hanya berfokus pada aspek teknis saja, tetapi juga menunjukkan dampak positif dalam aspek ekonomi.

#### 1.2.2.2. Keselamatan

Keselamatan menjadi salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan dalam pengembangan alat pemantauan kualitas udara dengan mikrosensor dalam proyek *capstone design* ini. Sistem pemantauan harus dirancang dan dioperasikan dengan mempertimbangkan faktor keselamatan untuk menghindari potensi risiko terhadap operator, masyarakat, dan lingkungan sekitarnya. Langkah-langkah keselamatan disertakan dalam perencanaan pengembangan, pemasangan, pemeliharaan, dan penggunaan alat pemantauan. Kepatuhan terhadap standar dan prosedur keselamatan harus diintegrasikan ke dalam seluruh aspek proyek, termasuk pengelolaan bahan kimia yang mungkin digunakan selama kalibrasi atau pemeliharaan, serta tindakan untuk mencegah kebakaran, ledakan, dan kebocoran gas. Selain itu, prosedur untuk menangani situasi darurat atau kegagalan sistem perlu ditentukan secara jelas untuk meminimalisir potensi bahaya. Dengan memastikan bahwa keselamatan menjadi prioritas utama sepanjang siklus hidup alat pemantauan ini, proyek ini akan menghasilkan data kualitas udara yang dapat diandalkan tanpa mengorbankan keselamatan manusia dan lingkungan.

### 1.3. Analisa Solusi yang Ada

Dari hasil analisis, solusi yang ada meliputi optimalisasi sistem dan chamber, uji kinerja kalibrasi, uji kinerja kolokasi, dan validasi data. Identifikasi optimalisasi dilakukan terlebih dahulu bertujuan untuk mengetahui apa saja yang bisa dilakukan untuk meningkatkan dan menyempurnakan sistem maupun chamber. Tentunya hal ini agar bisa menunjang kinerja mikrosensor saat dilakukannya uji kinerja. Uji kinerja pada mikrosensor dilakukan untuk menilai dan mengevaluasi sejauh mana mikrosensor tersebut dapat memenuhi persyaratan SNI 9178:2023.

#### 1.3.1. Optimalisasi Sistem

Optimalisasi adalah suatu tindakan, proses, untuk menjadikan sesuatu lebih sempurna, fungsional, dan efektif [6]. Identifikasi pada sistem perlu dilakukan, hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang maksimal untuk menunjang proses uji kinerja kolokasi pada mikrosensor. Penggunaan PCB didesain khusus agar sensor-sensor yang digunakan menggunakan konektor molex agar tidak ada kabel longgar. Mikrosensor tidak

mengambil tegangan dari mikrokontroler. Sumber tegangan diperoleh dari sumber eksternal yaitu *power supply* 23V 3A, diteruskan ke mikrokontroler dan mikrosensor dengan melewati *buck converter* untuk menurunkan tegangan stabil di 5V, sehingga sensor bisa mendapatkan daya yang cukup untuk bisa bekerja dengan baik. Dengan PCB kita dapat dengan mudah memasang, memodifikasi, dan memperbaiki sirkuit yang tidak terhubung sepenuhnya atau salah tersambung tanpa menyebabkan kesalahan serius [7].

### 1.3.2. Uji Kinerja Kalibrasi dan Kolokasi Lapangan

Kalibrasi adalah proses untuk menentukan kebenaran suatu alat ukur dengan cara membandingkannya terhadap alat ukur referensi yang tertelusur dan terstandar nasional atau internasional [8]. Tujuan secara umum kalibrasi bertujuan agar tercapainya kondisi atau menjamin ketelitian suatu pengukuran dari alat ukur. Alat pemantauan kualitas udara ambien yang menggunakan mikrosensor harus dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk mengukur polusi udara sesungguhnya di lapangan. Uji kinerja kalibrasi dilakukan dengan melakukan perhitungan presisi, bias, linearitas, dan error menggunakan persamaan yang terlampir pada dokumen SNI 9178:2023.

Kolokasi lapangan merujuk pada suatu kondisi di mana alat pemantauan kualitas udara ambien yang menggunakan mikrosensor, dioperasikan bersamaan dengan beberapa alat ukur identik dan alat ukur referensi yang terkalibrasi pada waktu dan lokasi yang sama dalam kondisi lapangan yang sesungguhnya [2]. Hasil pengukurannya kemudian dibandingkan dan juga dilakukan uji kinerja kolokasi dengan melakukan perhitungan presisi, bias, linearitas, dan error menggunakan persamaan yang tercantum pada dokumen SNI 9178:2023.

Kalibrasi dan kolokasi lapangan masuk kedalam ruang lingkup dokumen SNI 9178:2023, pada dokumen tersebut terdapat standar yang menetapkan persyaratan dan pelaksanaan uji kinerja alat pemantauan kualitas udara ambien yang menggunakan mikrosensor. Terdapat syarat keberterimaan yang sudah ditetapkan untuk parameter partikulat. Maka saat uji kinerja parameter partikulat tidak hanya dilakukan perhitungannya saja, tetapi perlu memperhatikan syarat keberterimaannya. Sedangkan untuk parameter gas hanya perlu melampirkan pelaporan hasil uji kinerjanya saja.

### 1.3.3. Validasi Data

Data yang dikirimkan atau disimpan oleh sistem pemantauan kualitas udara berupa data mentah. Masalah pada mikrosensor dapat menyebabkan data berisi pembacaan yang

tidak akurat. Permasalahan tersebut antara lain fluktuasi tegangan, nilai konsentrasi yang terlalu tinggi, nilai konsentrasi outlier, dan nilai konsentrasi yang konstan.

Pada mikrosensor PM<sub>2.5</sub> pembacaan berlebihan terjadi ketika kelembaban relatif (RH) di atas 80%. Hal ini terjadi karena efek higroskopis. Jika nilai RH sangat tinggi maka akan terjadi pertumbuhan partikel yang higroskopis. Partikel-partikel ini menyerap uap air, meningkatkan diameter dan massanya, sehingga menghasilkan pembacaan sensor yang lebih tinggi. Jika kelembaban relatif (RH)  $\geq 80\%$ , pembacaan sensor PM<sub>2.5</sub> harus dikalikan dengan faktor koreksi 0,67 agar pembacaan sensor PM<sub>2.5</sub> valid [9].

Validasi data CO<sub>2</sub> dimulai dengan deteksi nol yaitu menghilangkan nilai konsentrasi nol dan negatif, dan pemeriksaan batas yang menyaring nilai konsentrasi yang melebihi rentang maksimum sensor (5000 ppm). Kemudian deteksi *outlier* dengan metode *boxplot/statistic* untuk menyaring konsentrasi *outlier*. Data yang memiliki kelengkapan kurang dari 75% akan dibuang. Standar untuk CO<sub>2</sub> adalah rata-rata 8 jam. Di dalam periode 8 jam tersebut, setidaknya harus ada minimal 6 rata-rata per jam. Jika data kurang dari 6 jam di dalam periode tersebut, maka data akan dibuang [9].

Setelah validasi data pada parameter gas dan partikulat selesai, selanjutnya data diolah dengan mengacu ke SNI 9178:2023 untuk melihat seberapa jauh data yang dihasilkan memenuhi syarat keberterimaan SNI 9178:2023. Terutama pada parameter partikulat, karena di dalam SNI 9178:2023 sudah diatur syarat keberterimaan untuk parameter partikulat. Sedangkan pada parameter gas hanya melampirkan hasil pelaporannya saja.

#### 1.4. Kesimpulan dan Ringkasan CD-1

Badan Standardisasi Nasional (BSN) Indonesia telah menetapkan Standar Nasional Indonesia (SNI) udara ambien, khususnya SNI 9178:2023 untuk menguji kinerja alat pemantau kualitas udara yang menggunakan mikrosensor. Standar ini mencakup kalibrasi, kolokasi lapangan dan validasi data. Tujuan terpenuhinya SNI ini untuk memberikan jaminan kualitas data pemantauan udara ambien dan mengatasi kekhawatiran terkait penggunaan mikrosensor di Indonesia. Standar ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan data yang diperoleh dan bermanfaat bagi masyarakat. Dengan adanya optimalisasi sistem, uji kinerja kalibrasi, uji kinerja kolokasi dan validasi data pada sistem pemantauan kualitas udara ambien menggunakan mikrosensor. Proyek capstone design ini bertujuan untuk melihat seberapa jauh mikrosensor yang diuji memenuhi SNI 9178:2023. Sehingga keandalan sistem dan kinerja sensor dapat dicapai dan dapat memberikan validitas data yang dapat dipertanggungjawabkan.