

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pencemaran udara adalah masalah yang membahayakan manusia terutama untuk sistem pernafasan [1]. Kualitas udara yang buruk dapat memiliki dampak serius terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Seiring dengan berjalannya waktu tanpa adanya penanganan masalah yang serius terhadap polusi udara dapat menyebabkan permasalahan baru lainnya yang dapat merusak alam lebih parah. Pencemaran udara tidak hanya merupakan tantangan lokal di Indonesia, tetapi juga merupakan isu global yang memerlukan perhatian serius, keberlanjutan masalah ini tidak hanya berdampak pada kesehatan dan lingkungan di tingkat nasional, tetapi juga menyumbang terhadap perubahan iklim dan gangguan ekosistem global, Oleh karena itu, pemantauan kualitas udara menjadi sangat penting sebagai salah satu upaya efektif dalam mengatasi kompleksitas masalah pencemaran udara.

Salah satu masalah utama yang perlu diberikan perhatian adalah keterbatasan stasiun pengukuran AQMS yang tersedia. Keterbatasan ini menyebabkan cakupan wilayah pemantauan kualitas udara menjadi terbatas, terutama di daerah-daerah yang memiliki sumber daya terbatas. Hal ini dapat menyebabkan kurangnya data yang akurat tentang kualitas udara di berbagai wilayah, yang akibatnya dapat menghambat upaya pemantauan dan pengendalian pencemaran udara. Menimbang tingginya polusi udara di Indonesia, maka perlu adanya penambahan jumlah stasiun ukur yang memadai sehingga dapat mengukur kualitas udara hingga ke daerah pelosok. Namun, pengadaan stasiun ukur kualitas udara sering kali memiliki berbagai hambatan seperti dari segi biaya, kualitas data, dan keandalan perangkat.

Banyaknya penggunaan mikrosensor bisa menjadi salah satu alternatif bagi sistem pengukuran kualitas udara di Indonesia. Mikrosensor adalah perangkat elektronika yang berukuran kecil, mempunyai harga yang relatif lebih murah, dan dapat digunakan untuk mendeteksi, mengukur, atau merekam berbagai parameter fisik atau kimia dalam berbagai aplikasi. Mikrosensor dapat digunakan untuk mengukur suhu, kelembapan, tekanan, kecepatan aliran, pH, konsentrasi gas, cahaya, dan banyak parameter lainnya. Penggunaan mikrosensor memerlukan pengolahan data yang akurat sehingga dapat menjadi informasi yang valid untuk diteruskan ke masyarakat.

1.2 Informasi Pendukung Masalah

Pada tahun 2023, Pemerintah Indonesia telah menetapkan persyaratan dan pelaksanaan uji kinerja alat pemantauan kualitas udara ambien aktif yang menggunakan sensor berbiaya rendah melalui kalibrasi, kolokasi di lapangan, dan validasi data yang tertuang pada SNI 9178:2023 [2]. Dengan diterbitkannya SNI 9178:2023 oleh pemerintah Indonesia, sejumlah implikasi penting dapat diketahui dalam konteks pengukuran kualitas udara seperti meningkatnya standar kualitas data, memperkuat validitas pengukuran, mendorong penggunaan mikrosensor yang berkualitas, memberikan kepastian hukum dan membantu upaya pemerintah untuk mengatasi pencemaran udara. Terbitnya SNI 9178:2023 menimbulkan tantangan tambahan yang berkaitan dengan pengolahan data dari stasiun pengukuran yang menggunakan mikrosensor. Selain dari sisi *hardware* yang harus memenuhi standar SNI 9178:2023, diperlukan juga sistem pendukung dari sisi *software*. Penggunaan mikrosensor dalam sistem pendukung pemantauan kualitas udara memberikan beberapa tantangan yang perlu diatasi untuk memastikan keandalan dan akurasi data yang dihasilkan dimulai dari akurasi dan presisi, volume data yang besar, integrasi data dan keamanan data. Sistem pendukung *software* memegang peran krusial dalam memastikan keberhasilan implementasi stasiun pengukur kualitas udara berbasis mikrosensor, keberadaan mikrosensor yang terjangkau secara finansial membuka peluang besar untuk pemantauan lebih luas, namun, tantangan teknis dalam pengolahan data memerlukan solusi yang canggih dan terintegrasi.

1.3 Analisis Umum

1.3.1 Aspek Kualitas Data

Data adalah kumpulan informasi yang diperoleh dari suatu pengamatan, dapat berupa angka, lambang atau sifat. Menurut Bernard, data adalah fakta kasar mengenai orang, tempat, kejadian dan sesuatu yang penting diorganisasikan[3]. Williams dan Sawyer berpendapat bahwa data terdiri dari fakta-fakta dan angka-angka yang diolah menjadi informasi[4]. Dengan kata lain, data adalah sekumpulan nilai yang perlu diolah sebelum disajikan sebagai suatu informasi.

Banyaknya penggunaan mikrosensor sebagai sensor untuk mengukur kualitas udara di Indonesia menandakan bahwa sudah banyak orang-orang yang menyadari pentingnya kualitas udara. Akan tetapi, tidak ada aturan pengolahan data hasil pemantauan kualitas udara

yang berstandar di Indonesia. Hal ini akan menyebabkan beragamnya data olahan pada pengukuran kualitas udara dalam waktu yang sama sehingga data tidak dapat diyakini kualitasnya. Selain itu, implementasi multi stasiun dari AQMS tentu menghasilkan banyak data. Bahkan dapat merujuk pada *big data*.

1.3.2 Aspek Teknis

Dari sisi perangkat lunak, proyek *capstone design* yang berfokus pada pemantauan kualitas udara di Indonesia menghadapi beberapa permasalahan teknis yang harus diatasi secara komprehensif. Pengolahan data dari sensor mikro adalah salah satu masalah utama karena untuk memantau kualitas udara secara *real-time*, diperlukan integrasi dan otomatisasi data dari banyak sumber dan tampilan yang mudah dipahami. Hal ini memerlukan perangkat lunak yang canggih dan terukur untuk mengintegrasikan data dari berbagai stasiun pengukuran, menyaring data yang ekstrem atau tidak wajar, dan menghasilkan laporan yang akurat. Selain itu, standarisasi data sesuai dengan SNI 9178:2023 adalah masalah lain yang perlu dipertimbangkan saat mengembangkan perangkat lunak ini. Ini memastikan bahwa data diolah sesuai dengan pedoman standar untuk memastikan bahwa data itu akurat dan konsisten. Dengan demikian, untuk memantau kualitas udara di seluruh wilayah Indonesia sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, perangkat lunak yang dikembangkan harus dapat menangani masalah teknis yang rumit.

1.3.3 Aspek Keselamatan Kerja

Standar Operasional Prosedur (SOP) adalah sekumpulan prosedur yang dibuat untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja dan meningkatkan kesadaran akan pentingnya keselamatan kerja. Tidak adanya SOP yang dibuat untuk suatu prosedur atau alat berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja yang mengakibatkan kerugian baik secara materil atau jiwa[5]. Oleh sebab itu, diperlukan SOP untuk standardisasi kegiatan mulai dari pengajuan alat, pembelian alat, pemasangan alat, proses validasi data, hingga *maintenance* sehingga sistem dilengkapi dengan prosedurnya sendiri untuk keberlanjutan sistem juga meminimalisir kecelakaan kerja.

1.3.4 Aspek Ekonomi

Alat referensi sistem pemantauan kualitas udara memiliki biaya yang sangat mahal. Sedangkan wilayah Indonesia yang luas dan terdiri dari banyak pulau-pulau tentu memerlukan tidak hanya 1 sistem pemantauan kualitas udara, melainkan banyak yang harus dipasang di titik-titik tertentu untuk dapat memantau kualitas udara di Indonesia. Perencanaan satu stasiun ukur dengan alat referensi untuk setiap provinsi belum tentu dapat direalisasikan

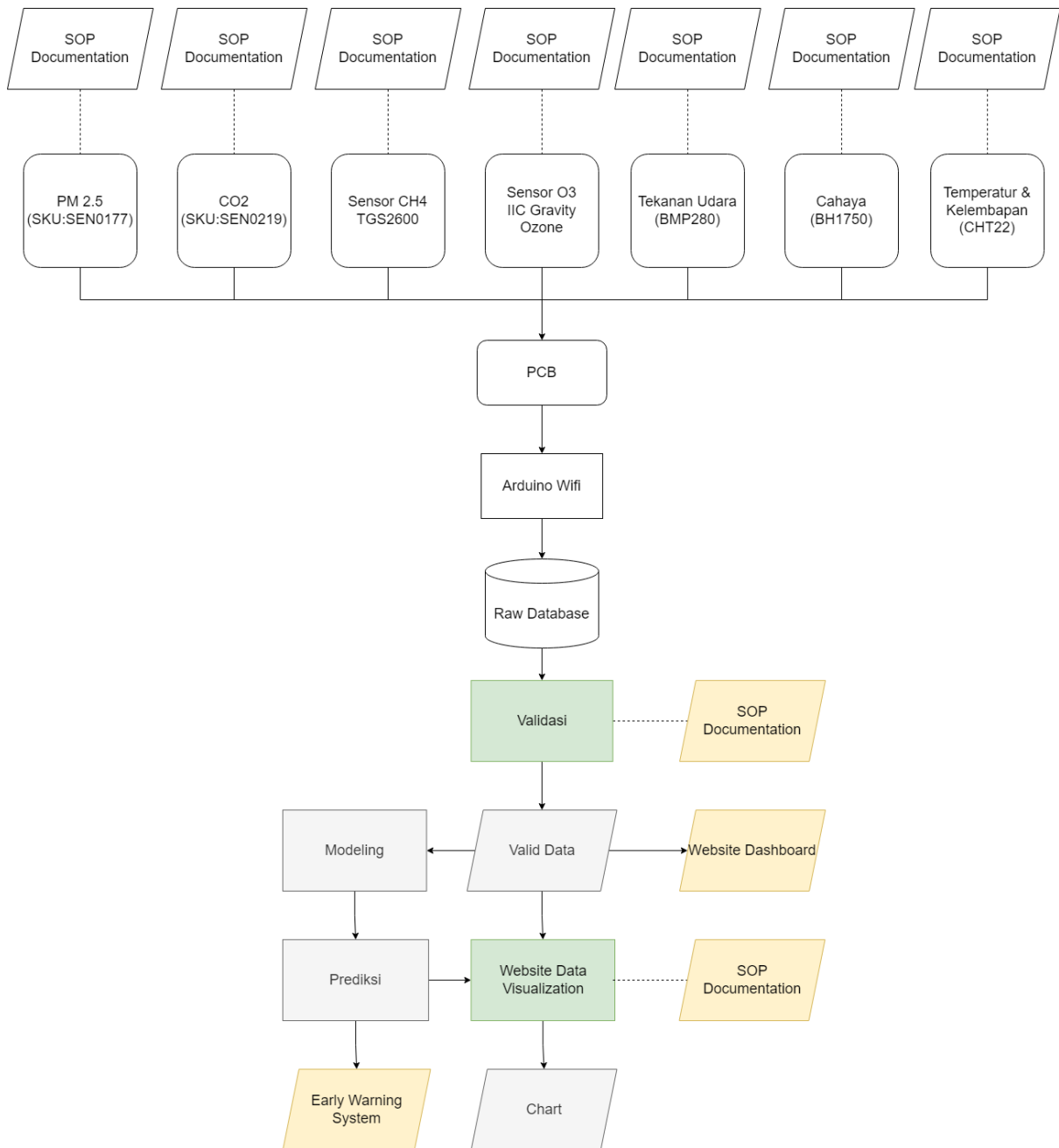
mengingat alat referensi yang terbilang mahal. Bekerja sama dengan pemerintah pun belum tentu mendapatkan hasil yang baik karena terbatasnya dana APBD.

1.3.5 Aspek Pengambilan Keputusan

Berkaitan dengan aspek keandalan data sebelumnya, seluruh lapisan masyarakat pasti akan bingung mengenai apa yang harus dilakukan terhadap keadaan polusi udara di Indonesia, terlebih lagi pihak yang berwenang. Keputusan yang akan diambil mengenai jalan atau pilihan yang tepat akan sangat sulit. Keterlambatan pengambilan keputusan ini juga akan berakibat fatal pada permasalahan ini apabila terjadi dalam jangka waktu yang cukup lama. Sebagai contoh, ketika data yang dikeluarkan pada jam yang sama memiliki nilai yang berbeda, akan terjadi perdebatan mana data yang absah nilainya. Tidak hanya itu, kredibilitas pihak terkait juga akan dipertanyakan.

1.4 Analisa Solusi yang Ada

Pada *capstone design* ini, akan dilakukan pengoptimalan validasi data guna meningkatkan akurasi data. Tidak hanya itu, *dashboard monitoring system* juga dapat diakses pada *website* Biru Langit beserta dokumen SOP dan *maintenance* yang dapat digunakan sebagai panduan dalam menggunakan sistem pemantauan udara berbasis mikrosensor. Akan ditambahkan juga prediksi data untuk memaksimalkan sistem pendukung ini. Oleh karena itu, diharapkan proyek *capstone design* ini dapat menjadi upaya maksimal untuk implementasi SNI 9178:2023 untuk memastikan pemantauan kualitas udara yang lebih baik di Indonesia, sehingga memastikan kepatuhan terhadap standar yang telah ditetapkan.



Gambar 1.1 Flowchart Solusi yang diusulkan

Gambar 1.1 merupakan gambar *flowchart* solusi yang diusulkan. *Flowchart* tersebut bentuk perkembangan dari sistem yang sudah ada sebelumnya, bagian pada *flowchart* solusi ini dibagi menjadi dua, yakni *hardware* dan *software*. Pada *Capstone Design* ini, pengerjaannya hanya pada bagian *software*. Oleh sebab itu warna-warna yang terdapat pada *flowchart* memiliki arti masing-masing. Untuk warna abu-abu, menandakan bahwa sistem tersebut sudah eksisting. Untuk warna hijau muda, menandakan bahwa sistem tersebut sudah eksisting, tetapi ada improvisasi. Sedangkan untuk warna kuning, menandakan bahwa sistem tersebut merupakan inovasi atau perubahan. Perubahan di sini berupa penambahan sistem

yang akan dilakukan adalah *Decision Support system* dan *website visualization*. Setelah semua sensor membaca dan mengirimkan data database *raw data* untuk dilakukan validasi pada sistem. Validasi data dilakukan pada *backend* hingga menjadi data yang valid. Kemudian, data akan disimpan pada database valid data. Data yang valid dimodelkan dengan visualisasi berupa grafik, selain itu prediksi data juga akan dilakukan setelah modeling, hal ini dilakukan juga sebagai pendukung data pembantu untuk menentukan parameter kualitas. Pada *website visualization* juga akan ditampilkan hasil dari sistem pendukung berupa rekomendasi dan *early warning system* yang menampilkan pesan dari data prediksi yang abnormal atau sejenisnya.

1.4.1 Pemenuhan Kriteria dengan Validasi Data

Validasi data adalah proses memastikan bahwa data yang dikumpulkan, disimpan, atau diproses sesuai dengan standar dan aturan tertentu. Validasi data bertujuan untuk memastikan integritas, akurasi, konsistensi, dan keandalan data. Proses validasi data setiap sensor bisa berbeda-beda tergantung dari karakteristik sensor. Validasi data diperlukan untuk meminimalisir kesalahan yang biasa terjadi dalam proses pengiriman data dari sensor. Validasi data dapat berupa penghilangan data *outlier*, memeriksa kelengkapan data, penghapusan *value NaN*, dan penghapusan data yang melebihi *range* spesifikasi sensor. Ada beberapa metode yang digunakan untuk melakukan proses validasi data yang dirincikan pada tabel 1.1

Tabel 1.1 Perbandingan Metode Validasi Data

No	Nama	Deskripsi	Kelebihan	Kekurangan
1.	Manual Excel	Data dari <i>cloud</i> divalidasi secara manual menggunakan rumus yang ada pada Excel	<ul style="list-style-type: none"> • Excel merupakan aplikasi yang banyak digunakan oleh manusia untuk melakukan perhitungan validasi data • Ada kontrol langsung terhadap data dan proses validasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Tingginya kemungkinan <i>human error</i> • Keterbatasan terhadap data yang volumenya sangat besar
2.	Manual Google Collaboratory	Data dari <i>cloud</i> diunggah ke Google Drive untuk dilakukan validasi dengan	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat berkolaborasi dengan <i>engineer</i> lain secara real time • Dapat menangani data yang lebih besar volumenya daripada Excel 	<ul style="list-style-type: none"> • Ada batasan dalam fitur dan fungsionalitas • Peran <i>human error</i> masih ada dan berpotensi untuk terjadi

		source code yang telah diatur untuk melakukan validasi data dengan bahasa pemrograman Python.		
3.	RPA Google Collaboratory	Proses validasi data dengan RPA atau <i>Robotic Process Automation</i> memiliki konsep yang sama dengan manual Google Colaboratory. Akan tetapi, robot mengambil alih proses yang bersifat <i>repetitive</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat mengotomatiskan sebagian proses validasi • Mengurangi risiko <i>human error</i> • Waktu validasi yang lebih singkat daripada dilakukan secara manual 	<ul style="list-style-type: none"> • Tingkat penanganan yang makin kompleks • Adanya penyesuaian yang rumit jika ada perubahan dalam proses validasi
4.	IT Automation	Validasi data langsung dilakukan pada bagian backend sistem	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat diintegrasikan dengan sistem lain untuk validasi data • Memungkinkan otomatisasi yang lebih kompleks dan integrasi yang lebih dalam 	<ul style="list-style-type: none"> • Pembangunan sistem IT automation bisa menjadi mahal • Memerlukan infrastruktur yang kuat dan mungkin sulit diimplementasikan dalam lingkungan yang sudah ada

Validasi data otomatis memastikan kualitas data secara keseluruhan dengan campur tangan sumber daya manusia seminimal mungkin [8]. Berdasarkan metode yang ada, pemilihan metode untuk memenuhi kriteria validasi data adalah berdasarkan aspek *human capacity*, *human error*, big data, repetisi, dan website. Dari seluruh aspek tersebut, *IT automation* merupakan pilihan yang dapat menjadi solusi validasi data berbasis website.

1.4.2 Prediksi Konsentrasi Polutan

Prediksi data adalah proses perkiraan atau prediksi tentang peristiwa atau hasil yang akan terjadi di masa mendatang menggunakan tren dari data yang sudah ada sebelumnya. *Machine learning* dapat digunakan untuk prediksi data dengan basis deret waktu. Jenis deret waktu terdiri dari deret waktu linier dan deret waktu *nonlinier*.

Machine Learning membutuhkan suatu model untuk dijadikan sebagai acuan data prediksi yang akan kita gunakan nanti, model ini digunakan untuk menentukan output menggunakan data yang sudah ada. Secara singkat model didapatkan dari pengambilan data, menganalisa setelah itu dilatih, maka jadilah sebuah model. Banyak *predictive* model yang dapat dibuat menggunakan algoritma yang berbeda-beda seperti neural network, decision trees, K means clustering, Naive Bayes dan lain lain[7]. Adapun perbandingan *predictive* model dapat dilihat pada tabel 1.2

Tabel 1.2 Perbandingan Algoritma *Predictive* Model

No	Nama	Keunggulan	Kekurangan
1	Neural Network	Mampu menangani hubungan kompleks, beragam tugas, data terstruktur dan tidak terstruktur.	Memerlukan banyak data pelatihan, kompleks dalam pengaturan.
2	Decision Trees	Mudah dipahami, dapat menangani data yang hilang, tidak memerlukan pemrosesan data rumit.	Tidak efisien untuk hubungan kompleks, rentan terhadap overfitting.
3	K means clustering	Cocok untuk pengelompokan data, komputasi cepat, mudah digunakan.	Memerlukan penentuan jumlah cluster yang sesuai, sensitif terhadap inisialisasi awal.
4	<i>Naive Bayes</i>	Sederhana, efisien, cocok untuk klasifikasi teks dan kategori.	Asumsi independensi fitur dapat tidak sesuai, tidak cocok untuk prediksi regresi.

Melalui jenis data dipertimbangkan seperti untuk diolah, Neural Network dan Naive Bayes memiliki kecocokan dalam metode prediksi yang digunakan, selain memiliki kesamaan yang cocok dimana data yang diolah merupakan data berbasis deret waktu, sementara pada K means clustering dan Decision Trees memiliki tujuan yang berbeda dimana K means digunakan untuk pengelompokan data sementara Decision Trees digunakan untuk Klasifikasi data, walaupun ke empat metode dalam konteks prediksi dapat digunakan Neural Network mampu menangani dataset yang digunakan dimana data kompleks dan non-linear yang dimana keperluan tersebut ada pada Neural Network.

1.4.3 Visualisasi Data Berbasis Website

Visualisasi data adalah proses penyajian data dalam bentuk grafis, seperti tabel, *heatmap*, diagram, bagan, peta yang dapat mempermudah pengguna untuk memahami data. Tujuan utama visualisasi data adalah untuk menyajikan informasi secara visual sehingga orang dapat dengan cepat dan efektif mengidentifikasi pola, hubungan, dan wawasan yang mungkin sulit dipahami dari data mentah yang disajikan dalam bentuk tabel atau daftar.

Website adalah halaman web yang berisi berbagai konten yang dapat diakses dari mana saja di jaringan. Untuk membuat situs web menarik untuk dikunjungi, biasanya perlu menggabungkan berbagai elemen, termasuk gambar, animasi, suara, bahkan video. Hal ini menjadikan web sebagai sarana yang ideal untuk masyarakat luas untuk melacak dan melihat data hasil pengukuran serta prediksi polutan udara. *Website* yang menarik, dinamis, responsif, dan mudah digunakan dapat membantu mengedukasi dan mendorong masyarakat tentang kondisi kualitas udara sekitar. Dengan menggunakan media *website*, orang dapat mendapatkan informasi tentang data hasil pengukuran dari berbagai parameter polutan udara yang telah divalidasi serta hasil prediksi. Hasil prediksi divisualisasikan menggunakan grafik, tabel, dan map, yang memudahkan pengguna untuk memahami lebih lanjut tentang informasi yang disediakan.

Pada *website* akan ditambahkan fitur untuk menampilkan hasil dari data prediksi dan data validasi. Data validasi akan ditampilkan berupa grafik dan juga *heatmap* yang mempermudah pengguna untuk mengetahui tingkat polusi udara di wilayah tertentu. Data prediksi akan ditampilkan berupa tabel yang dapat menampilkan secara langsung *forecasting* kualitas udara yang akan mendatang. Penyediaan visualisasi data yang menarik dan efisien akan mempermudah pengguna untuk mendapatkan informasi dengan jelas.

1.4.4 Dashboard Monitoring System Maintenance dan Dokumen SOP

Maintenance adalah proses menjaga peralatan dan fasilitas lainnya dalam kondisi baik dengan melakukan penggantian dan perbaikan yang diperlukan agar sistem dapat beroperasi dengan baik. Tujuan dari *maintenance* adalah agar sistem alat ukur bisa bekerja sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan. Maintenance sistem ini akan dilakukan dalam tiga cara, tergantung pada kondisi yang dibutuhkan oleh alat ukur, dapat berupa *breakdown maintenance*, *corrective maintenance*, dan *preventive maintenance*. *Breakdown maintenance* dan *corrective maintenance* merupakan pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki sistem setelah terjadi kerusakan, sementara *preventive maintenance* merupakan pemeliharaan pencegahan yang akan dijadwalkan dengan memantau atau mengawasi sistem. Karena letak

stasiun ukur yang terpisah-pisah, sebuah *dashboard* diperlukan untuk melacak kegiatan *maintenance*. Ini akan mempermudah untuk mengetahui tindakan perawatan yang akan dilakukan. *Dashboard* sistem ini nantinya akan ditampilkan di *website* Biru Langit.

SOP adalah Standar Operasional Prosedur berisikan tata cara atau prosedur yang harus diikuti untuk menyelesaikan suatu tugas atau menjalankan proses. SOP yang akan dihasilkan dari *Capstone Design* ini adalah berbentuk dokumen yang akan ditampilkan di *website*. SOP penting untuk memastikan segala hal yang dilakukan berkaitan dengan alat ukur berjalan sesuai dengan semestinya sehingga dapat mengurangi kesalahan.

1.5 Kesimpulan dan Ringkasan CD-1

Isu lingkungan yang semakin mendesak di Indonesia adalah masalah kualitas udara. Salah satu kendala utama untuk memantau polusi udara di seluruh Indonesia adalah jumlah stasiun pengukuran kualitas udara yang terbatas. Meskipun ada banyak pilihan untuk pengukuran kualitas udara dengan mikrosensor yang lebih murah, ada beberapa masalah dengan pengolahan data dan validasi sesuai dengan standar nasional SNI 9178:2023. Dalam *Capstone Design* ini, solusi yang diusulkan mencakup beberapa fitur yang dapat membantu meningkatkan pemantauan kualitas udara berbasis mikrosensor. *IT automation* akan membantu mengotomatisasi proses validasi data dari berbagai sensor. Ini akan meningkatkan kualitas data validasi. Metode *Machine learning* untuk memprediksi konsentrasi polutan akan memberikan perkiraan kualitas udara di masa depan. Cara yang efektif untuk menyampaikan informasi kepada masyarakat dengan cara yang mudah dipahami akan diberikan oleh visualisasi data berbasis web. Dokumen perawatan dan standar operasional prosedur (SOP) membantu menjaga peralatan dan menjalankan prosedur dengan benar, sehingga mengurangi kesalahan. Penambahan sistem peringatan dini (EWS) akan menjadi pedoman *user* mengenai tindakan preventif yang harus dilakukan secara cepat dan efisien untuk mengurangi dampak dari bahaya yang akan muncul. Diharapkan bahwa penerapan solusi ini akan membantu memantau kualitas udara, terutama di daerah Bandung Raya, dan memberikan kontribusi positif untuk memerangi polusi udara di Indonesia.