

BAB I

USULAN GAGASAN

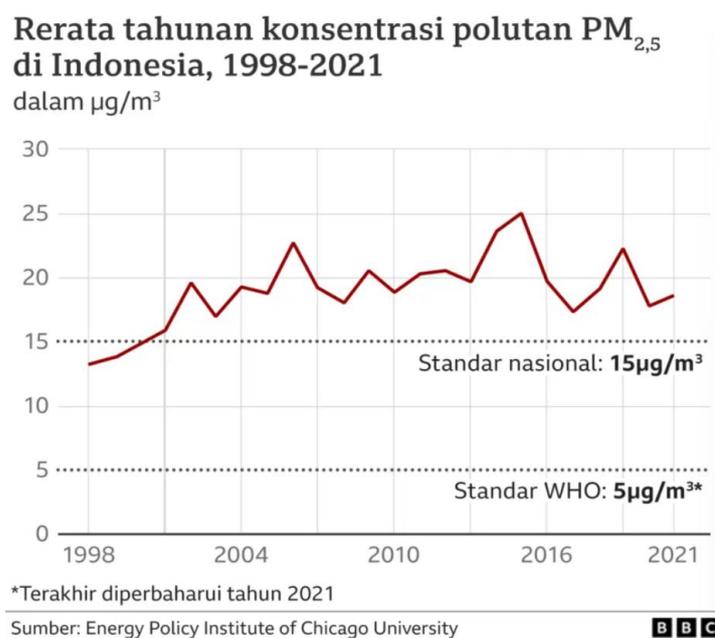
1.1 Deskripsi Umum Masalah

Polusi udara merupakan kontaminasi yang terjadi di lingkungan dalam maupun luar ruangan yang di sebabkan oleh zat kimia, fisik atau biologi yang mampu mengubah karakteristik atmosfer[1]. Polusi udara atau pencemaran udara sendiri dapat juga di definisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya zat, energi atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan [2]. Polusi udara menyebabkan terpengaruhnya kualitas udara sehingga menimbulkan dampak-dampak yang cukup berbahaya. Polusi udara dapat bersumber dari alat pembakaran rumah tangga, hasil pembuangan kendaraan bermotor, fasilitas industri, kebakaran hutan dan hal lainnya yang menyebabkan kontaminasi udara[3]. Udara ambien merupakan udara yang berada di sekeliling manusia dan bergerak bebas di permukaan bumi. Udara ambien dimanfaatkan manusia dalam kehidupan sehari hari untuk menggerakkan kincir angin, membantu proses penyerbukan, mengeringkan pakaian, dan lain-lain. Pemanfaatan udara ambien harus dikelola secara bijaksana dengan mempertimbangkan kepentingan generasi sekarang dan generasi yang akan datang. Polusi terbagi menjadi dua yaitu polusi dalam ruangan (*Indoor air pollution*) dan polusi luar ruangan (*outdoor air pollution*). Polutan udara di luar ruangan yang disebut juga udara bebas seperti asap asap dari industri maupun kendaraan bermotor, juga dapat berupa menembus ruang dalam ruangan atau masuk ke dalam kabin kendaraan naik tanpa terdeteksi ke tingkat yang berbahaya jika tidak ada pemantauan kualitas udara atau penyaringan udara. Udara luar ruangan memiliki dampak langsung pada kualitas udara ambien di sekitar seseorang. Salah satu negara dengan kasus polusi udara yang cukup tinggi ialah indonesia. Berdasarkan informasi yang di kutip dari **IQAir** salah satu kota atau provinsi di Indonesia yaitu Jakarta memiliki tingkat polusi udara terburuk di Asia Tenggara dan ke-10 di dunia. Selain itu, dari hasil laporan kegiatan pemantauan kualitas udara provinsi DKI Jakarta tahun 2021-2022 menunjukkan bahwa kualitas udara pada dua tahun terakhir masih berstatus tercemar[4].



Gambar 1.1 Data Kualitas udara IQAir.com

Polusi udara di Indonesia memiliki indeks yang cukup tinggi dari standar yang ditetapkan oleh WHO (*World Health Organization*) maupun standar nasional yang ditetapkan di Indonesia[5]. Berdasarkan data laporan indeks kualitas udara kehidupan (AQLI) Indonesia menjadi salah satu dari enam negara yang berkontribusi terhadap polusi udara global[5].



Gambar 1.2 Data rata-rata Konsentrasi Polutan di Indonesia

Dari data tersebut dapat dilihat fluktuasi konsentrasi polutan yang sangat melampaui standar yang ditetapkan. Sehingga, kenaikan tersebut pun berdampak pada berbagai hal terutama pada hal kesehatan. Partikulat yang terkandung dalam polusi udara memiliki berbagai ukuran hingga mencapai ukuran $2.5\mu m$ atau yang bisa disebut dengan *partikulat matter* (PM2.5). Partikel ini dapat membawa zat beracun di permukaannya yang dapat menembus sistem saluran pernafasan manusia sehingga zat-zat tersebut terikat oleh darah manusia melalui pertukaran udara pada alveolus di paru-paru [6]. Hal tersebut juga dapat memperburuk kerja pembuluh darah dan jantung serta menimbulkan gumpalan pada darah yang dapat mengganggu pengangkutan oksigen ke jantung [7]. Berdasarkan data yang di ambil dari *Global Burden Diseases 2019 Diseases and Injuries Collaborator* terdapat 5 penyakit respirasi yang menyebabkan angka kematian tertinggi di dunia, yaitu penyakit paru *obstruktif kronis* (PPOK), *pneumonia*, kanker paru, tuberkulosis, dan asma. Faktor resiko yang di sebabkan oleh polusi udara terhadap penyakit-penyakit ini cukup tinggi. Penyakit paru *obstruktif kronis* (PPOK) memiliki resiko 36.6%, *pneumonia* 32%, asma 27.95%, kanker paru 12.5%, dan tuberkulosis 12.2% [8]. Dampak jangka panjang yang akan terjadi akibat paparan polusi udara dapat mengurangi usia harapan hidup manusia mencapai 2.5-3.5 tahun [9]. Selain itu *World Health Organization* (WHO) menyebutkan bahwa polusi udara merupakan masalah kesehatan utama yang mempengaruhi semua orang di negara-negara baik berpenghasilan tinggi hingga rendah. Pada tahun 2019 WHO juga memperkirakan sekitar 37% kematian dini terkait dengan polusi luar ruangan yang disebabkan oleh penyakit iskemik dan stroke, 18% dan 23% kematian di sebabkan oleh penyakit paru obstruktif kronik dan infeksi saluran pernafasan akut bagian bawah, dan 11% kematian disebabkan oleh kanker pada saluran pernapasan [10]. Salah satu cara yang dibutuhkan dalam permasalahan ini ialah melakukan pemantauan terhadap kualitas udara yang ada sekitar. Pemantauan kualitas udara di Indonesia saat ini menggunakan stasiun pemantauan kualitas udara tetap maupun *portable*. Alat pemantauan kualitas udara ini berguna dalam melakukan pemantauan dengan parameter-parameter yang dapat dijadikan penilaian terhadap kualitas udara. Parameter yang di gunakan pada alat pemantauan kualitas udara biasanya terdiri dari $PM_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 , SO_2 , CO_2 , HC , O_3 , dan *TVOC* serta parameter lainnya

seperti arah dan kecepatan angin, suhu, tekanan, kelembaban udara dan curah hujan. Parameter *Total Volatile Organic Compounds* (TVOC), pada alat ini dapat mengukur TVOC merujuk pada kelompok senyawa *organic* yang mudah menguap ke dalam udara. TVOC mudah menjadi gas atau uap, lalu paparan dapat terjadi melalui inhalasi. VOC juga dapat masuk ke dalam tubuh jika mengonsumsi makanan atau minuman yang terkontaminasi, atau ketika terjadi kontak langsung dengan kulit, selain itu memiliki efek buruk pada kesehatan manusia atau lingkungan, dapat menyebabkan iritasi kulit, mata, dan saluran pernapasan. Mengantuk, pusing, sakit kepala, tremor, kebingungan atau hilang kesadaran bisa terjadi akibat paparan jangka pendek terhadap VOC. Paparan kronis terhadap VOC kadar tinggi bisa menyebabkan kerusakan pada organ, termasuk sistem saraf pusat, hati, dan ginjal. Di atas tingkat paparan tertentu, beberapa VOC bisa menyebabkan kanker dan bahaya reproduksi. Selain itu, parameter lainnya yaitu Gas eCO_2 (*equivalen carbon dioxide*) sendiri merupakan gas karbon dioksida yang diukur untuk menggambarkan tingkat partikel padat terlarut dalam udara yang setara dengan konsentrasi CO₂, selain itu dampak kesehatan dari polutan ini adalah mual, muntah, pusing, pernapasan meningkat, dan detak jantung cepat.

Data hasil pemantauan tersebut di tampilkan dalam bentuk indeks standar pencemaran udara (ISPU)[11]. Selain itu terdapat juga alat sistem pemantauan kualitas udara (AQMS) dengan target terpasang di 45 kota di Indonesia seperti AQIAir.id yang juga menyediakan informasi mengenai indeks kualitas udara di Indonesia. Berdasarkan Kompas.com pada tahun 2015-2022, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) memiliki 56 Stasiun Pemantauan Kualitas Udara Ambien (SPKUA) di 56 kabupaten/kota di Indonesia dan pada tahun 2023 menurut rencana KLHK akan membangun 12 SPKUA di kabupaten/kota. Stasiun kualitas udara di Indonesia masih cukup terbatas jumlahnya dimana dengan kondisi paparan polutan yang tinggi penggunaan alat yang terbatas sangat tidak ideal sehingga mengurangi keakuratan penilaian kualitas udara[12]. Selain itu, pemantauan kualitas udara dengan stasiun pemantauan belum dapat mewakili konsentrasi paparan polutan personal dikarenakan batasan jarak yang signifikan dimana stasiun pemantauan tetap umumnya mencerminkan kualitas udara di lokasi jangkauan tempat stasiun tersebut berada. Sehingga, diperlukannya alat yang dapat

digunakan dan dapat memantau kualitas udara personal yang akan mengevaluasi paparan personal harian bagi pengguna. Alat tersebut dapat memberikan peringatan dan kewaspadaan terhadap polusi sehingga dapat membuat orang yang menggunakan lebih mengantisipasi diri dalam beraktivitas di luar maupun dalam ruangan. Alat tersebut dirancang untuk mengukur komponen-komponen tertentu dapat mengukur konsentrasi *particulate matter*, kadar oksigen dan gas tertentu seperti *eCO₂* atau total *volatile organic compounds* yang merupakan kualitas udara ambien di sekitar pengguna. Pengukuran suhu dan kelembaban dalam ruangan dapat berdampak pada kualitas udara. Misalnya, VOC dapat berasal dari sumber luar ruangan seperti emisi industri, kendaraan, atau bahkan bahan bangunan. Kualitas udara luar ruangan yang buruk dapat meningkatkan tingkat VOC di dalam ruangan jika tidak ada ventilasi yang memadai. Kualitas udara luar ruangan, termasuk *konsentrasi partikulat* (PM) dan polutan atmosfer seperti ozon, dapat mempengaruhi kualitas udara dalam ruangan.

1.2 Analisa Masalah

Adapun masalah yang dianalisa dari penelitian yang kami lakukan dapat ditinjau dari berbagai aspek, sebagai berikut :

1.2.1 Aspek Ekonomi

Stasiun pemantauan kualitas udara yang cukup mahal menjadi salah satu aspek penting dalam proses pengadaan. Dimana dengan hal tersebut menjadi hambatan yang signifikan baik bagi pengadaan alat hingga perawatan. Biaya tersebut mencakup biaya perangkat keras, perangkat lunak dan infrastruktur pendukung lainnya. Dalam pengadaan stasiun pemantauan selain biaya alat yang cukup tinggi biaya pembangunan infrastruktur pun cukup memakan biaya yang tidak sedikit. Pembangunan stasiun memerlukan banyak keahlian yang harus terpenuhi seperti dalam hal perakitan, *software*, analisa data, teknisi, dan sumber daya manusia dalam pembangunan tempat atau stasiun[13]. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis pada aspek ekonomi. Analisis aspek ekonomi ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat yang akan dirancang dapat digunakan oleh semua kalangan dengan harga yang relatif terjangkau. Hal ini mencakup pemilihan komponen yang memiliki biaya rendah, pemilihan teknologi yang sesuai, perancangan biaya produksi, dan pertimbangan daya beli konsumen. Dengan demikian, alat ini dapat

mempertimbangkan manfaat kesehatan seiring dengan ketersediaan ekonomi bagi masyarakat.

1.2.2 Aspek Penggunaan

Dengan bentuk fisik yang cukup besar stasiun pemantauan kualitas udara tetap maupun *portable* menjadi salah satu pertimbangan dalam penggunaan yang mampu memantau paparan polusi personal. Dalam aspek penggunaan, alat ini memprioritaskan kenyamanan dan kemudahan penggunaan. Alat ini dirancang dengan bobot yang ringan dan ukuran yang tidak terlalu besar, sehingga pengguna dapat menggunakan alat ini dengan nyaman. Selain itu, alat ini dilengkapi dengan baterai yang memiliki daya tahan yang baik, sehingga pengguna dapat menggunakan alat tanpa perlu khawatir kehabisan daya dalam waktu singkat. Pemantauan kualitas udara akan terus berjalan dan memberikan informasi yang konsisten dan dapat diandalkan selama pengguna menggunakan alat.

1.2.3 Aspek Produksi

Dalam aspek produksi, alat ini dapat mempertimbangkan beberapa hal yang memengaruhi proses produksi. Hal tersebut mencakup sumber bahan baku yang mudah diperoleh melalui *e-commerce*, ketersediaan bahan baku seperti sensor, efisiensi produksi, kualitas produk, dan kemudahan perakitan alat. Dari segi perakitan, alat ini memiliki tingkat kerumitan yang tidak terlalu sulit dikarenakan penggunaan sensor yang tidak terlalu banyak dan sensor yang digunakan sudah berbentuk modul. Sehingga, proses produksi dapat berjalan lebih efisien dan efektif.

1.3 Analisa Solusi yang Ada

Berdasarkan permasalahan yang ada, terdapat beberapa usulan solusi yang dapat digunakan yaitu dengan stasiun pemantauan kualitas udara, stasiun pemantauan kualitas udara *portable*, dan *Wearable Air Quality Monitoring System*. Tiga usulan solusi memiliki kelemahan, kelebihan, dan keterbatasan yang dapat dilihat melalui tabel perbandingan di bawah ini.

Tabel 1.1 Perbandingan Usulan Solusi

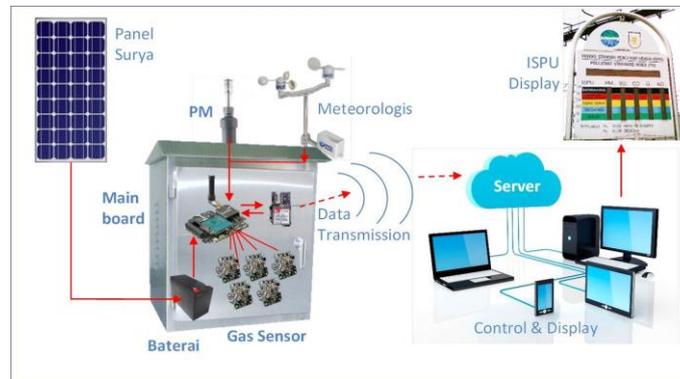
	Kelemahan	Kelebihan	Keterbatasan
--	-----------	-----------	--------------

Stasiun Pemantauan Kualitas Udara (SPKU)	<ul style="list-style-type: none"> • Biaya pengadaan dan pemeliharaan tinggi • Ukuran standar yang besar • Memerlukan infrastruktur pendukung 	<ul style="list-style-type: none"> • Pemantauan <i>real-time</i> 24 jam • Parameter yang digunakan banyak 	<ul style="list-style-type: none"> • Lingkup pemantauan terbatas • Pengukuran hanya luar ruangan
Stasiun Pemantauan Kualitas udara <i>Portable</i> (SPKU <i>portable</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Biaya pengadaan dan pemeliharaan tinggi • Tidak dapat di pakai (segi ukuran) 	<ul style="list-style-type: none"> • Portabilitas • Fleksibilitas 	<ul style="list-style-type: none"> • Parameter yang digunakan • Kapasitas pengukuran
<i>Wearable Air Quality Monitoring System</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Pemantauan bergantung pada daya baterai. • Parameter yang digunakan 	<ul style="list-style-type: none"> • Portabilitas dan fleksibilitas • Biaya terjangkau • Desain minimalis dan <i>compact</i> • Pemantauan personal 	<ul style="list-style-type: none"> • Keterbatasan pengukuran • Lingkup pemantauan terbatas

1.3.1 Stasiun Pemantauan Kualitas Udara (SPKU)

Stasiun pemantauan kualitas udara merupakan sebuah alat yang digunakan untuk memantau kualitas udara yang diletakkan pada lokasi tertentu dengan kriteria sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Pada umumnya stasiun

pemantauan kualitas udara memiliki beberapa parameter pengukuran, seperti mengukur *partikulat matter 2,5* dan parameter pendukung seperti suhu, kelembaban, sensor gas, O^3 , CO^3 , dan parameter lainnya yang menunjang proses pemantauan. Perangkat yang ada pada stasiun pemantauan kualitas udara dapat terdiri dari alat pendetektor, server pemantauan, dan *display* pemantauan. Pengukuran yang dilakukan SPKU berlaku selama 24 jam[14].



Gambar 1. 3 Stasiun pemantauan kualitas udara

Stasiun pemantauan kualitas udara ini memiliki beberapa keterbatasan seperti yang dapat dilihat dari kerangka acuan Layanan Pengadaan Secara Elektronik (LPSE). Pengadaan SPKU memerlukan biaya yang cukup besar mencapai jumlah miliaran, selain itu biaya pemeliharaan alat SPKU juga cukup besar, sehingga dalam penerapannya masih minim. Alat ini memiliki ukuran standar yang cukup besar dimana memerlukan ruangan yang dapat memenuhi standar yang ada dan penggunaan komponen-komponen yang berukuran besar. Selain itu, SPKU juga memerlukan infrastruktur yang mendukung seperti jaringan internet dan listrik[13].

1.3.2 Sistem Pemantauan Kualitas Udara Portabel

Sistem pemantauan kualitas udara portabel, sesuai dengan penamaannya yaitu portabel, menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) memiliki arti mudah dibawa-bawa. Berdasarkan penjelasan tersebut sistem pemantauan kualitas udara portabel tidak bertaut pada ukuran hanya berfokus pada kemudahannya untuk dibawa kemana saja. Oleh karena itu diklasifikasikan sistem pemantauan kualitas udara portabel menjadi dua, yaitu sistem pemantauan kualitas udara portabel dalam ruangan dan luar ruangan.

1.3.3 Sistem Pemantauan Kualitas Udara Luar Ruangan

Pada sistem pemantauan kualitas udara luar ruangan, ukuran dari alat cenderung lebih besar daripada sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan. Contoh dari sistem pemantauan kualitas udara luar ruangan adalah *Air Quality Monitoring System (AQMS) portable* milik Total Enviro Solusindo.



Gambar 1. 4 Sistem pemantauan kualitas udara luar ruangan

Dengan model *portable* memungkinkan AQMS berpindah-pindah tempat dengan mudah maka penentuan kualifikasi ISPU dapat dilakukan di tempat yang berbeda-beda dengan perhitungan konsentrasi dilakukan secara aktual dan tertampil di layar LCD AQMS[15]. Model lain yang diproduksi oleh Total Enviro Solusindo adalah AQMS *Mobile* atau *Shelter*, dengan menggunakan tipe *mobile* yang bisa bergerak maka penentuan kualifikasi ISPU dapat dilakukan di tempat yang berbeda-beda dengan perhitungan konsentrasi dilakukan secara aktual dan tertampil di layar LCD[16] seperti gambar dibawah.



Gambar 1. 5 AQMS *Mobile* atau *Shelter*

Mobile atau *Shelter* yang minimalis dan nyaman digunakan untuk bekerja terdiri dari *box panel* untuk kelistrikan, *box sensor* untuk penempatan sensor-sensor deteksi, meja dan kursi dengan *personal computer* (PC) yang siap untuk penerimaan data aktual dan berisi aplikasi pengkualifikasian ISPU[17].

1.3.4 Sistem Pemantauan Kualitas Udara Dalam Ruangan

Sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan memiliki ukuran yang cenderung kecil dan terbatas dalam segi pengukuran hanya berfokus pada parameter yang biasanya terdapat dalam ruangan saja. Contoh dari sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan adalah xiaomi mijia *air detector*.



Gambar 1. 6 Xiaomi mijia *air detector*

Parameter yang diukur pada AQMS ini antara lain adalah PM_{2.5}, TVOC, CO₂, suhu, dan *humidity*. Selain itu alat ini sudah dilengkapi dengan layar yang dapat disentuh sehingga dapat dengan mudah mengontrol kualitas udara dan temperatur dalam rumah[18].

1.3.5 Wearable Air Quality Monitoring System

Wearable air quality monitoring system merupakan pemantauan kualitas udara dengan alat monitoring yang dapat dikenakan oleh pengguna. Arti dari *wearable* yaitu mudah di pakai, maka *wearable* AQMS akan dipengaruhi oleh bentuk dan juga ukuran agar alat tersebut nyaman dan mudah digunakan oleh pengguna. Salah satu contoh dari *wearable* AQMS adalah *Curiejet Wearable PM_{2.5} Air Quality Monitor*, dalam penggunaannya terdapat dua alat yang dikenakan oleh pengguna, yaitu jam tangan sebagai monitor dan juga alat pendeteksinya yang dapat dikenakan dengan cara digantung atau dikaitkan tubuh kita. Alat ini juga dapat

dikoneksikan dengan aplikasi yang terdapat pada *smartphone* pengguna sehingga memudahkan penggunaannya untuk memantau kualitas udara sekitarnya.

1.4 Kesimpulan

Berdasarkan uraian di atas, permasalahan polusi udara merupakan masalah yang cukup serius di Indonesia. Beberapa solusi dalam melakukan penanganan terhadap masalah tersebut sudah di terapkan. Tingkat polusi udara yang semakin tinggi menyebabkan banyaknya kasus kesehatan akibat paparan polusi hingga mengurangi usia harapan hidup manusia. Berdasarkan analisa berdasarkan aspek terdapat 3 usulan solusi, yaitu stasiun pemantauan kualitas udara, stasiun pemantauan kualitas udara *portable* dan *Wearable air quality monitoring system*. Usulan Solusi yang ada memiliki kelemahan, kelebihan, dan keterbatasannya masing-masing. Maka dari itu, perlu melakukan analisi untuk mendapatkan solusi yang paling sesuai dan efisien dari permasalahan yang ada.