

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kualitas udara merupakan aspek krusial yang memengaruhi kesehatan dan kesejahteraan manusia. Udara, sebagai campuran gas yang mengelilingi bumi, terdiri dari oksigen yang vital untuk kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan. Namun, selain oksigen, udara juga mengandung berbagai zat lain seperti karbon dioksida, karbon monoksida, debu, dan virus. Konsentrasi zat-zat tersebut tidak konstan dan dapat bervariasi tergantung pada lokasi dan faktor-faktor lingkungan lainnya, yang pada akhirnya memengaruhi kualitas udara. Meskipun udara adalah materi yang tidak kasat mata, dampak dari pencemarannya dapat dirasakan. Udara terdiri dari campuran gas yang melapisi bumi, dan komposisinya tidak selalu konstan. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah uap air (H₂O) dan karbon dioksida (CO₂) (Fadlil et al., 2020). Perubahan dalam komposisi ini dapat berdampak negatif pada kualitas udara yang sangat penting bagi kehidupan, terutama bagi manusia dalam proses pernapasan.

Laporan *Air Quality Life Index* (AQLI) menunjukkan data kualitas udara di Bandung selama tujuh hari berturut-turut, seperti yang terlihat pada Gambar I.1. Dalam periode tersebut, lima hari di antaranya dikategorikan sebagai tidak sehat, yaitu pada tanggal 17 Agustus, 20, 21, 22, dan 23 Agustus, dengan skor masing-masing 151, 157, 160, 166, dan 170. Sementara itu, pada tanggal 18 dan 19 Agustus, kualitas udara dikategorikan sebagai tidak sehat untuk kelompok sensitif menurut standar IQAir.



Gambar I. 1 Skor Indeks Kualitas Udara (AQI) di Bandung
Sumber: IQAIR Indonesia, diakses pada 29 Agustus 2024

AQI mengukur kualitas udara dan dikategorikan dalam enam tingkatan, mulai dari sehat hingga berbahaya, dengan semakin tingginya skor AQI menunjukkan semakin buruknya kualitas udara. Selain itu, menurut penelitian yang dilakukan oleh Wellid et al (2023), menemukan jika buruknya kualitas udara pada suatu daerah dapat dipengaruhi oleh kepadatan penduduk di daerah tersebut.

Masalah polusi udara tidak hanya terbatas pada lingkungan luar, tetapi juga terjadi di dalam ruangan, yang sering kali memiliki dampak lebih berbahaya bagi kesehatan. Menurut Nahar et al. (2016), polusi udara dalam ruangan dapat lebih berbahaya daripada polusi udara luar ruangan. United States *Environmental Protection Agency* (EPA) bahkan mengungkapkan bahwa polusi udara dalam ruangan bisa 2 hingga 10 kali lebih berbahaya dibandingkan dengan polusi luar ruangan. Hal ini sangat mengkhawatirkan, mengingat masyarakat menghabiskan sekitar 80 hingga 90 persen waktunya di dalam ruangan, seperti di rumah, kantor, dan restoran (Hildebrandt et al., 2019). EPA juga melaporkan bahwa manusia terpapar polusi udara dalam ruangan 2 hingga 5 kali lebih banyak, bahkan 100 kali lebih tinggi, dibandingkan tingkat polusi luar ruangan.

Tingginya tingkat polusi udara dalam ruangan meningkatkan ancaman kesehatan secara signifikan. Dampak kesehatan dari polusi udara dalam ruangan meliputi masalah pernapasan, kanker, dan masalah mata (Von Schirnding et al., 2002). Selain itu, polusi udara dalam ruangan dapat menyebabkan Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA), penyakit paru obstruktif kronik, kanker paru-paru, asma, kanker nasofaring dan laring, TBC, Berat Badan Lahir Rendah (BBLR), dan penyakit mata (Smith et al., 2004). Data dari Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/Menkes/Per/V/2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah mencatat bahwa ISPA selalu menjadi penyakit terbanyak di Indonesia. Ini menunjukkan bahwa dampak polusi udara mencakup efek jangka pendek seperti iritasi mata dan tenggorokan, serta efek jangka panjang seperti penyakit pernapasan dan kanker, hal ini juga menandakan betapa seriusnya dampak polusi udara terhadap kesehatan masyarakat.

Jenis polusi udara berbahaya dalam ruangan antara lain meliputi karbon monoksida (CO), partikulat (PM), aerosol, polutan biologis, dan lain-lain. Jenis polusi ini berasal dari debu, asap rokok, asap akibat pembakaran bahan bakar padat atau asap

dari dapur, serta senyawa organik yang mudah menguap (Kumar & Imam, 2013). Selain itu, sebagian besar rumah tangga di Indonesia masih menggunakan bahan bakar gas atau *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) dan kayu bakar untuk memenuhi kebutuhan memasak. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2018, terdapat 77,83 persen rumah tangga yang menggunakan LPG untuk memasak, 16,40 persen rumah tangga masih menggunakan kayu bakar, 3,37 persen menggunakan minyak tanah, dan 2,41 persen menggunakan sumber energi lain seperti listrik, arang, biogas, serta bahan bakar tradisional lainnya.

Kualitas udara dalam ruangan merupakan masalah yang perlu mendapatkan perhatian khusus dan menjadi faktor penting bagi kesehatan manusia. Artinya, kualitas udara dalam ruangan yang baik adalah udara yang bebas dari iritasi, pencemaran, ketidaknyamanan, atau gangguan kesehatan penghuni (Haris et al., 2012). Menurut EPA, empat elemen utama yang memengaruhi kualitas udara di dalam ruangan adalah sumber pencemaran, sistem pemanas, ventilasi, dan pendingin (HVAC), media udara, dan kondisi penghuni ruangan, seperti riwayat penyakit alergi atau pernapasan. *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) mengidentifikasi lima sumber utama pencemaran udara dalam ruangan: (1) pencemaran dari dalam gedung seperti bahan pembersih dan asap rokok; (2) pencemaran dari luar gedung seperti gas buangan kendaraan bermotor; (3) pencemaran dari bahan bangunan seperti lem dan asbes; (4) pencemaran mikroba seperti jamur dan bakteri; dan (5) kurangnya sirkulasi udara segar akibat sistem ventilasi yang tidak memadai. Lebih lanjut, Tabel 1.1 berisi daftar penyebab polusi udara dalam ruangan (Adler, 2000).

Tabel I. 1 Penyebab Polusi Udara Dalam Ruangan dan Dampak Terhadap Kesehatan

No	Polutan	Sumber	Dampak Terhadap Kesehatan
1	Karbon monoksida (CO)	Peralatan pemanas, minyak tanah, oven, asap tembakau, pemanggang arang, perapian	Sakit kepala, permasalahan sistem sensori dan respirasi, kantuk, dosis yang tinggi dapat menyebabkan kematian
2	Karbon dioksida	Peralatan Elektronik dan Listrik, Pendingin ruangan, emisi dari kendaraan bermotor, penggunaan kompor dengan gas LPG	Sesak Napas, sakit kepala, dan kesulitan bernapas, kelelahan, dalam dosis yang lebih tinggi menyebabkan kehilangan kesadaran

No	Polutan	Sumber	Dampak Terhadap Kesehatan
3	PM 2,5	Pembakaran gas untuk memasak, asap rokok, pembakaran lilin, terutama lilin beraroma, proses memanggang dan membakar makanan, penggunaan semprotan aerosol, produk pembersih yang mengandung bahan kimia, debu, pembakaran sampah di halaman, polusi dari luar seperti asap kendaraan dll.	Infeksi saluran nafas, asma, bronkitis, penurunan fungsi kognitif, masalah kesehatan pada ibu hamil dan anak - anak, pada dosis yang tinggi, menyebabkan penyakit kardiovaskular hingga kematian dini.
4	PM 10	Berasal dari sumber yang sama dengan PM 2,5	Batuk dan sakit tenggorokan, asma, infeksi saluran pernapasan, iritasi mata

Sumber : Adler (2000)

Laporan WHO pada tahun 2006 mencatat bahwa terdapat 3 juta kasus setiap tahun akibat pencemaran udara dalam ruangan, dengan 50 persen penyakit disebabkan oleh pencemaran udara dalam ruangan. Hal serupa juga disampaikan dalam penelitian *American College of Allergies* bahwa terdapat 50 persen penyakit yang diakibatkan karena pencemaran udara dalam ruangan. Dockery et al. (1993) dan Pope et al. (1995) menemukan adanya hubungan positif antara angka kematian dengan polusi udara dalam ruangan.

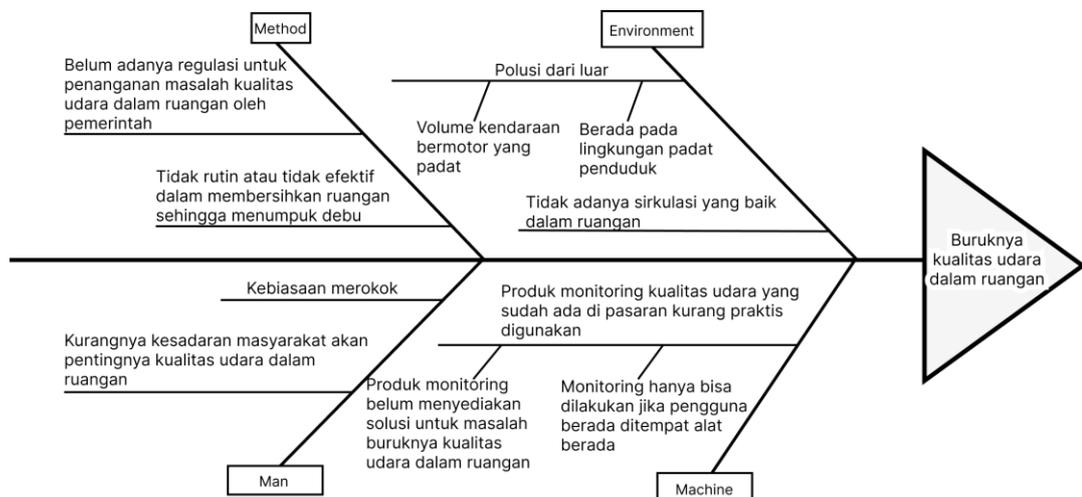
Udara bersih, terutama di dalam ruangan, sangat penting bagi kesehatan fisik dan mental manusia. Namun, ruangan yang tertutup dapat menghalangi masuknya polutan dari luar, tetapi juga dapat menyebabkan penumpukan polutan di dalam ruangan. Hal ini meningkatkan risiko kesehatan, memperburuk kualitas udara, dan mempercepat pertumbuhan mikroorganisme berbahaya. Oleh karena itu, perlu dilakukan tindakan yang tepat untuk mengatasi buruknya kualitas udara dalam ruangan, termasuk penggunaan alat yang dapat mendeteksi dan membersihkan udara secara efektif. Mengingat sifat udara yang tidak kasat mata, polusi udara sering kali sulit dirasakan secara langsung oleh manusia, tetapi dampaknya sangat nyata dan memerlukan perhatian serius dari semua pihak.

Saat ini, terdapat berbagai alat untuk monitoring kualitas udara dalam ruangan, salah satunya adalah *Digilife Air Quality Detector*. Namun, alat-alat *monitoring* yang beredar di pasaran saat ini masih memiliki beberapa kelemahan yang membuatnya kurang praktis dan kurang efektif dalam menjaga kualitas udara.

Seperti data yang terdapat pada *website* resmi *Digilife Air Quality Detector*, alat ini hanya dapat mendeteksi kualitas udara tanpa mampu mengatasi permasalahan buruknya kualitas udara dalam ruangan. Alat ini hanya memberikan data mengenai polutan, seperti PM2.5 atau VOC (*Volatile Organic Compounds*), tanpa adanya sistem otomatis yang dapat membersihkan udara. Selain itu, alat ini tidak didesain untuk melakukan pemantauan secara terus menerus, pengguna harus memeriksa kualitas udara secara manual melalui perangkat tersebut. Lebih jauh lagi, *Digilife Air Quality Detector* tidak dilengkapi dengan fitur peringatan otomatis ketika kualitas udara memburuk. Hal ini membuat pengguna tidak segera mengetahui apabila ada peningkatan polusi udara yang signifikan dalam ruangan. Kurangnya fitur notifikasi dan pengendalian jarak jauh juga menjadi kendala bagi pengguna yang menginginkan pemantauan kualitas udara yang lebih praktis dan responsif. Oleh karena itu, dibutuhkan alat *monitoring* kualitas udara yang lebih fungsional, yang tidak hanya mampu mendeteksi dan memonitor polutan secara *real-time*, tetapi juga dapat secara otomatis membersihkan udara dan memberikan peringatan ketika kualitas udara memburuk.

I.2 Alternatif Solusi

Analisis pada permasalahan yang didapat akan diolah menggunakan diagram tulang ikan (*fishbone*). Diagram *fishbone* adalah alat yang digunakan untuk menganalisis masalah serta faktor-faktor penyebabnya. Berikut merupakan diagram *fishbone* yang ditunjukkan pada Gambar I.2.



Gambar I. 2 *Fishbone Diagram*

Berdasarkan diagram *fishbone* yang telah dibuat, permasalahan utama yang teridentifikasi adalah buruknya kualitas udara dalam ruangan. Permasalahan ini diklasifikasikan menjadi empat faktor utama yaitu *man*, *machine*, *method*, dan *environment*.

1. *Man*

Masalah ini disebabkan oleh kurangnya kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kualitas udara dalam ruangan. Contohnya, masih banyak orang yang merokok di dalam ruangan.

2. *Machine*

Alat yang tersedia di pasaran saat ini kurang praktis karena masih digunakan secara manual, tidak dapat melakukan pemantauan dari jarak jauh, dan belum mampu memfilter polutan yang ada di ruangan secara efektif.

3. *Method*

Masyarakat tidak efektif dalam membersihkan ruangan, yang menyebabkan penumpukan debu dan polusi udara. Selain itu, belum ada regulasi yang memadai dari pemerintah untuk menangani masalah kualitas udara dalam ruangan.

4. *Environment*

Adanya polusi dari luar yang disebabkan oleh volume kendaraan yang semakin meningkat serta pemukiman padat penduduk. Kurangnya sirkulasi udara, seperti ventilasi yang memadai, menyebabkan udara kotor hanya berputar di dalam ruangan.

Berikut merupakan alternatif solusi dapat diterapkan untuk membantu mengatasi permasalahan buruknya kualitas udara dalam ruangan, yang dijelaskan pada Tabel I.2.

Tabel I. 2 Alternatif Solusi Permasalahan

No	Kategori	Akar Permasalahan	Potensi Solusi
1	<i>Man</i>	Kurangnya kesadaran masyarakat akan kualitas udara dalam ruangan	Diadakannya sosialisasi terkait pengaruh kualitas udara yang kurang baik dalam ruangan terhadap masalah kesehatan yang disebabkan, dan pentingnya untuk menjaga kualitas udara dalam ruangan tetap baik.
		Kebiasaan merokok dalam ruangan	Membuat kampanye secara terjadwal yang berisi informasi

No	Kategori	Akar Permasalahan	Potensi Solusi
			akan bahaya merokok dan dampak yang dapat disebabkan apabila merokok dalam ruangan.
2	<i>Machine</i>	Produk <i>monitoring</i> udara yang beredar di pasaran kurang praktis digunakan. Seperti <i>monitoring</i> yang masih belum bisa dilakukan dari jarak jauh, dan produk juga belum dapat memfilter polusi udara dalam ruangan.	Perancangan produk air <i>quality monitoring</i> dan <i>filtering</i> berbasis IoT.
3	<i>Method</i>	Tidak rutin atau tidak efektif dalam membersihkan ruangan sehingga menumpuk debu.	Mengadakan kampanye kesadaran tentang dampak negatif debu terhadap kesehatan dan pentingnya pembersihan rutin.
		Belum adanya regulasi untuk penanganan masalah kualitas udara dalam ruangan oleh pemerintah.	Perancangan regulasi penanganan masalah kualitas udara dalam ruangan oleh pemerintah.
4	<i>Environment</i>	Polusi dari luar yang disebabkan oleh volume kendaraan bermotor yang kian meningkat dan berada pada lingkungan pemukiman padat penduduk.	Meningkatkan layanan transportasi publik, seperti bus, kereta api, dan transportasi massal lainnya, untuk mengurangi ketergantungan pada kendaraan pribadi. Serta mendorong pembangunan bangunan yang ramah lingkungan dengan desain yang meminimalkan dampak polusi udara.
		Tidak adanya sirkulasi yang baik dalam ruangan.	Menggunakan material bangunan yang memungkinkan ventilasi, seperti kisi-kisi atau partisi yang berlubang.

Beberapa alternatif solusi telah diimplementasikan pada klasifikasi *man*, *method*, dan *environment*, diantaranya ; melakukan kampanye terkait bahaya yang dapat diakibatkan oleh kualitas udara yang buruk terhadap kesehatan (pengaruh buruknya kualitas udara terhadap kesehatan), kampanye terkait bahaya merokok, memberikan sosialisasi terkait pentingnya menjaga kebersihan lingkungan tempat tinggal, serta menyediakan fasilitas kendaraan umum untuk membantu menekan volume kendaraan bermotor dengan tujuan untuk mengurangi polusi udara akibat emisi karbon yang disebabkan oleh kendaraan bermotor. Maka penelitian ini berfokus pada masalah *machine*, dimana dalam penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah alat *monitoring* kualitas udara dalam ruangan yang sesuai dengan kebutuhan pengguna.

I.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan pada latar belakang, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apa saja *need statement* yang harus diprioritaskan dalam perancangan alat *air quality monitoring dan purifying* dalam ruangan?
2. Bagaimana rancangan alat *air quality monitoring dan purifying* yang dapat memenuhi kebutuhan pengguna yang dapat melakukan *monitoring dan purifying* buruknya kualitas udara dalam ruangan?

I.4 Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah.

1. Mengidentifikasi *need statement* yang diprioritaskan dalam perancangan alat *air quality monitoring dan purifying* dalam ruangan.
2. Merancang alat *air quality monitoring dan purifying* yang memenuhi kebutuhan pengguna, sehingga alat tersebut dapat melakukan *monitoring dan purifying* terhadap kualitas udara dalam ruangan dengan efektif.

I.5 Manfaat Tugas Akhir

Adapun manfaat dari tugas akhir ini adalah.

1. Bagi peneliti, dapat dijadikan sebagai referensi penelitian selanjutnya mengenai pengembangan sebuah produk menggunakan Metode *Quality Function Deployment*.
2. Bagi masyarakat, pengembangan produk alat *monitoring dan purifying* yang dihasilkan dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas udara dalam ruangan, yang berimplikasi langsung pada kesehatan dan kenyamanan masyarakat. Sehingga dapat mendukung upaya peningkatan kesehatan dan kenyamanan hidup masyarakat.

I.6 Sistematika Penulisan

Berikut merupakan sistematika penulisan dari tugas akhir ini:

BAB I Pendahuluan

Bab pertama berisi uraian tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab kedua dari laporan studi tersebut berisi uraian tentang literatur-literatur yang relevan dengan studi yang telah dilakukan. Tujuan dari bab ini adalah untuk memberikan landasan teori yang akan digunakan sebagai dasar untuk mengoptimalkan hasil penelitian.

BAB III Metodologi Penyelesaian Masalah

Bab ketiga dari laporan studi tersebut berisi penjelasan mengenai struktur masalah yang dibahas dalam studi tersebut. Bab ini juga menjelaskan bagaimana penyelesaian masalah tersebut dilakukan secara sistematis dengan menggunakan metode yang telah dipilih dan sesuai dengan subyek studi.

BAB IV Pengumpulan dan Pengolahan Data

Bab keempat dari laporan studi tersebut membahas tentang data yang digunakan dalam penelitian. Di dalam bab ini, data-data tersebut digunakan untuk melakukan penyelesaian masalah yang telah dibahas dalam bab sebelumnya, serta menentukan spesifikasi rancangan dan melakukan proses perancangan. Bab ini diakhiri dengan pemeriksaan terhadap hasil rancangan yang telah dibuat untuk memastikan bahwa rancangan tersebut tidak mengandung kesalahan atau eror yang mungkin terjadi.

BAB V Analisis

Bab kelima dari laporan studi tersebut berisi hasil rancangan yang telah divalidasi, temuan yang diperoleh dari proses penelitian, serta analisis dan pengolahan data yang telah dilakukan. Bab ini juga menyajikan hasil validasi dari hasil rancangan tersebut oleh *problem owner*, yaitu orang yang memiliki masalah atau kebutuhan yang akan diselesaikan melalui rancangan tersebut

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini terdapat kesimpulan dari penelitian serta jawaban dari rumusan masalah. Pada bab ini juga terdapat saran untuk penelitian selanjutnya.