

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penyehatan Udara

A.1. Pengertian Udara

Udara merupakan komponen vital bagi kelangsungan hidup makhluk hidup, khususnya manusia. Udara didefinisikan sebagai campuran gas yang terdapat pada lapisan yang menyelimuti Bumi. Komposisi udara terdiri dari 78% nitrogen, 21,94% oksigen, 0,93% argon, 0,032% karbon dioksida, serta gas-gas mulia lainnya yang ada di atmosfer. Udara bersih memberikan banyak manfaat, yang paling utama adalah perannya dalam proses pernapasan manusia; tinggal di kawasan pedesaan yang rimbun dengan pepohonan sangatlah berbeda dibandingkan tinggal di lingkungan perkotaan yang didominasi oleh kendaraan dan bangunan. Udara di perkotaan cenderung lebih tercemar dibandingkan udara di pedesaan, karena pepohonan mengubah karbon dioksida menjadi oksigen sehingga menghasilkan udara yang lebih segar dibandingkan kawasan perkotaan yang minim vegetasi. Selain itu, udara bersih membantu melindungi kita dari berbagai penyakit akibat menghirup udara tercemar seperti penyakit paru-paru, batuk, asma, dan hipertensi untuk menjaga kesehatan kita. (Ibrahim *et al.*, 2022).

Kualitas udara pada suatu wilayah dipengaruhi oleh berbagai faktor, terutama kondisi lingkungan alam di sekitarnya serta jumlah dan jenis sumber pencemar yang terdapat di wilayah tersebut. Semakin banyak sumber polusi yang menghasilkan emisi ke udara, semakin besar pula potensi terjadinya penurunan kualitas udara. Berbagai zat pencemar yang dilepaskan ke atmosfer dari sumber-sumber tersebut dapat memengaruhi kondisi udara, di antaranya nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida (SO₂), debu atau partikulat, serta kandungan timbal (Pb) yang terdapat dalam partikel debu. Keberadaan polutan-polutan tersebut di udara dapat menurunkan kualitas lingkungan apabila konsentrasinya terus meningkat atau melebihi ambang batas yang telah ditetapkan (Salsa *et al.*, 2021).

A.2. Jenis Pencemar Udara

Jenis pencemaran udara secara umum dibagi menjadi 2 bagian, yaitu sebagai berikut :

a. Udara Ambien

Menurut Badan Standardisasi Nasional (BSN), udara ambien adalah udara bebas di troposfer pada permukaan Bumi yang sangat penting bagi—serta memengaruhi—kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur-unsur lingkungan lainnya. Pada umumnya, udara ambien terdiri atas 70% nitrogen (N), 20% oksigen (O₂), 0,93% argon (Ar), dan 0,03% karbon dioksida (CO₂).

Pengukuran udara ambien merupakan metode pemantauan dan pengendalian kualitas udara yang sangat penting untuk menilai kualitas udara—suatu kebutuhan bagi semua makhluk hidup—serta untuk memberikan informasi kepada masyarakat mengenai kualitas udara di lingkungan mereka. (Bunda, 2019 ; dalam jurnal Setyowati *et al.*, 2023).

Standar mutu udara ambien ditetapkan untuk memastikan bahwa konsentrasi polutan udara di lingkungan tidak melampaui batas yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. Standar-standar ini diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang menetapkan baku mutu untuk berbagai polutan utama. (Purbakawaca and Fauzan, 2022)

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, persyaratan kesehatan udara ambien yang berdampak langsung terhadap manusia sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) huruf b menetapkan, sekurang-kurangnya, bahwa individu tidak boleh terpapar suhu udara, bau, asap, atau debu yang melebihi batas toleransi fisiologis manusia.

Baku mutu udara ambien sesuai Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021 yaitu sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Baku Mutu Udara Ambien

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Sistem Pengukuran
1	Sulfur Dioksida (SO ₂)	1 jam	150 µg/m ³	aktif kontinu / aktif manual
		24 jam	75 µg/m ³	aktif kontinu
		1 tahun	45 µg/m ³	aktif kontinu
2	Karbon Monoksida (CO)	1 jam	10.000 µg/m ³	aktif kontinu
		8 jam	4.000 µg/m ³	aktif kontinu
3	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 jam	200 µg/m ³	aktif kontinu / aktif manual
		24 jam	65 µg/m ³	aktif kontinu
		1 tahun	50 µg/m ³	aktif kontinu
4	Oksidan Fotokimia (O _x) sebagai Ozon (O ₃)	1 jam	150 µg/m ³	aktif kontinu / aktif manual
		8 jam	100 µg/m ³	aktif kontinu
		1 tahun	35 µg/m ³	aktif kontinu
5	Hidrokarbon Non Metana (NMHC)	3 jam	160 µg/m ³	aktif kontinu
6	Partikulat Debu < 100 µm (TSP)	24 jam	230 µg/m ³	aktif manual
	Partikulat Debu < 10 µm (PM ₁₀)	24 jam	75 µg/m ³	aktif kontinu / aktif manual
		1 tahun	40 µg/m ³	aktif kontinu
	Partikulat Debu < 2,5 µm (PM _{2.5})	24 jam	55 µg/m ³	aktif kontinu / aktif manual
		1 tahun	15 µg/m ³	aktif kontinu
7	Timbal (Pb)	24 jam	2 µg/m ³	aktif manual

Sumber : Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021

Di Indonesia, udara ambien merujuk pada udara bebas di lapisan troposfer pada permukaan Bumi, khususnya di wilayah hukum Republik Indonesia yang sangat penting bagi serta memengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup lainnya, dan unsur-unsur lingkungan lainnya. Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) menetapkan batas atau konsentrasi zat, energi, komponen, dan/atau pencemar yang diperbolehkan terkandung dalam udara ambien. Standar kualitas udara ambien berbeda-beda di setiap negara; masing-masing negara menggunakan indeks kualitas udara sendiri yang didasarkan pada standar kualitas udara nasional yang telah ditetapkan. WHO menggunakan indeks yang berbeda, sebagaimana didefinisikan dalam inisiatif Global Platform on Air Quality and Health (Platform Global mengenai Kualitas Udara dan Kesehatan).

Indonesia menggunakan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) sebagai indeks kualitas udaranya. Namun, penerapan ISPU memiliki sejumlah kekurangan. Pertama, ISPU melaporkan rata-rata kualitas udara selama 24 jam terakhir, bukan kualitas udara aktual pada saat seseorang menghirup udara tersebut. Perbandingan indeks kualitas udara dari waktu ke waktu dapat diamati, misalnya, dengan melihat data dari ISPU maupun AirVisual. (Elsa and Aini, 2022).

b. Emisi Udara

Menurut Badan Standardisasi Nasional (2005), emisi udara adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang dihasilkan dari kegiatan yang masuk atau dimasukkan ke dalam udara ambien. Hal ini menyebabkan kualitas udara ambien menurun hingga ke tingkat di mana udara tidak dapat lagi menjalankan fungsinya, sehingga mengakibatkan pencemaran udara.

Emisi udara mengacu pada gas buang yang dilepaskan ke atmosfer akibat konsumsi energi. Emisi ini diukur dengan menggunakan emisi CO₂ sebagai proksi, yang dihitung dengan

menjumlahkan total emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan energi di berbagai sumber: pembangkit listrik, sektor industri, sektor rumah tangga dan bisnis, transportasi, serta sumber lainnya. CO₂ digunakan sebagai proksi karena merupakan penyumbang terbesar polusi udara. Emisi udara dinyatakan dalam satuan jutaan ton. (Zuhri, 2014).

A.3.Sumber Pencemar Udara Ruangan

Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1077/Menkes/PER/V/2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah mengidentifikasi tiga sumber pencemar fisik, kimia, dan biologi, sebagai berikut:

a. Sumber pencemar Fisik

Upaya pencegahan diperlukan untuk mengatasi sumber pencemaran fisik—khususnya suhu, pencahayaan, kelembapan, laju ventilasi, PM_{2,5}, dan PM₁₀—karena kualitas udara yang tidak memenuhi standar fisik akibat faktor-faktor risiko tersebut dapat berdampak buruk terhadap kesehatan.

1. Suhu

a.) Dampak

Suhu ruangan yang terlalu rendah dapat menyebabkan masalah kesehatan atau bahkan hipotermia, sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan dehidrasi atau bahkan *heat stroke*.

b.) Fakto resiko

Perubahan Perubahan suhu udara dalam ruangan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Penggunaan bahan biomassa
2. Ventilasi yang tidak memadai
3. Kepadatan penghuni
4. Material dan struktur bangunan
5. Kondisi geografis
6. Kondisi topografis

c.) Upaya Penyelamatan

1. Jika suhu udara melebihi 30°C, suhu tersebut harus dditurunkan dengan meningkatkan sirkulasi udara melalui penambahan ventilasi mekanis atau buatan.
2. Jika suhu berada di bawah 18°C, diperlukan pemanasan ruangan menggunakan sumber energi yang aman bagi lingkungan dan kesehatan.

2. Pencahayaan

a.) Dampak

Nilai pencahayaan (Lux) yang terlalu rendah memberikan beban berlebih pada proses akomodasi mata, yang berpotensi menyebabkan kerusakan retina. Sebaliknya, tingkat pencahayaan yang terlalu tinggi menyebabkan suhu ruangan meningkat.

b.) Faktor Risiko

Intensitas cahaya yang sangat rendah, baik dari sumber alami maupun buatan.

c.) Upaya Penyehatan

Pencahayaan dalam ruangan rumah dirancang untuk memenuhi kebutuhan melihat benda-benda di sekitar dan membaca, berdasarkan standar minimum 60 lux.

3. Kelembapan

A. Pengertian Kelembapan

Dalam jurnal Fitri (2023), Dalam jurnal Fitri (2023), kelembapan mengacu pada tingkat kadar air di udara, khususnya jumlah air yang terkandung dalam udara yang dinyatakan sebagai persentase terhadap titik jenuhnya. Satuan yang umum digunakan untuk kelembapan adalah RH (Relative Humidity atau Kelembapan Relatif), dengan nilai yang dinyatakan dalam persentase. Tingkat kelembapan yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme;

oleh karena itu, kelembapan sebaiknya dijaga dalam kisaran 40% hingga 60%. Higrometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kelembapan udara. Terdapat dua jenis kelembapan udara, yaitu sebagai berikut:

a. Kelembapan relatif (Nisbi)

Kelembapan relatif adalah rasio antara massa uap air yang terkandung dalam satuan volume udara dengan masa maksimum uap air yang dapat ditampung oleh udara tersebut pada suhu dan tekanan yang sama; nilai ini dinyatakan dalam persentase (%).

b. Kelembapan mutlak (Absolut)

Kelembapan mutlak adalah massa uap air yang terkandung dalam satu satuan volume udara, yang dinyatakan dalam gram per meter kubik (g/m^3). Dampak kelembapan yang terlalu tinggi maupun rendah dapat menyebabkan suburnya pertumbuhan mikroorganisme.

a. Faktor resiko

Konstruksi rumah yang buruk seperti atap bocor, lantai dan dinding yang tidak kedap air, serta kurangnya pencahayaan, baik buatan maupun alami.

1) Jika kelembapan udara di bawah 40%, langkah-langkah untuk memperbaiki kondisi dapat diambil, antara lain:

2) Menggunakan Menggunakan perangkat untuk meningkatkan kelembapan, seperti humidifier

a. Membuka jendela pada rumah

b. Menambah jendela dan ukuran jendela rumah

c. Melakukan modifikasi struktur bangunan (meningkatkan pencahayaan dan sirkulasi udara)

3.) Jika kelembapan udara melebihi 60%, langkah-langkah sanitasi dapat diterapkan, seperti berikut:

a. Pemasangan genteng kaca

- b. Menggunakan alat untuk mengurangi kelembapan, seperti dehumidifier.

B. Kenyamanan dalam ruangan

Ruangan yang nyaman merupakan suatu kebutuhan bahkan, syarat mutlak. Kenyamanan mencakup dimensi psikologis maupun fisik. Kenyamanan psikologis berkaitan dengan kondisi kesejahteraan yang diukur subjektif, sedangkan kenyamanan fisik dapat diukur secara objektif (kuantitatif) dan meliputi kenyamanan spasial, visual, auditori, serta termal. Kenyamanan termal merupakan elemen krusial karena secara langsung menentukan tingkat kenyamanan kondisi ruangan; hal ini melibatkan faktor-faktor seperti kelembapan, suhu udara, dan kecepatan aliran udara. Tingkat kelembapan yang terlalu tinggi dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme (Fitri dan Yendri, 2023). Menurut Baharuddin (dikutip dalam Sari, 2021), kenyamanan termal dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti iklim khususnya suhu udara dan tingkat kelembapan serta kecepatan pergerakan udara di sekitarnya.

Di antara berbagai faktor yang memengaruhi kenyamanan penghuni rumah kos, kondisi termal merupakan penentu utama. Lingkungan yang terlalu panas atau dingin niscaya akan mengganggu waktu istirahat dan aktivitas sehari-hari penghuni. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji kondisi termal di dalam rumah kos serta elemen-elemen yang memengaruhinya.

Kelembapan dipengaruhi oleh uap air dari berbagai sumber, termasuk penguapan dari samudra, sungai, danau, tanaman, serta organisme hidup lainnya. Kelembapan udara yang tinggi menghambat penguapan dari permukaan kulit

sehingga mengganggu mekanisme pelepasan panas tubuh. Akibatnya, kelembapan tinggi dapat menyebabkan ketidaknyamanan akibat suhu (Suwarna *et al.*, 2025).

Kualitas udara dalam ruangan mengacu pada mutu udara di dalam suatu ruang yang dapat memengaruhi kesehatan dan kenyamanan penghuninya. Faktor-faktor yang memengaruhi kualitas udara meliputi pergerakan dan kecepatan udara serta penggunaan ventilasi; keberadaan ventilasi memungkinkan aliran udara dari luar ke dalam ruangan. Ventilasi sangat penting untuk menjaga kualitas udara dalam ruangan agar tetap sehat dan nyaman. Jika ventilasi dalam ruangan tidak memenuhi standar, kualitas udara akan menurun, yang berpotensi menimbulkan masalah kesehatan bagi penghuninya. (Adil Mushaithir, 2019).

Menurut Istiqomah dan Hanas (2011), udara segar diperlukan bagi sebuah rumah untuk menjaga suhu dan tingkat kelembapan di dalam ruangan. Pada umumnya, suhu ruangan antara 22°C hingga 30°C dianggap cukup segar. Untuk menjaga kualitas udara, diperlukan ventilasi guna memasukkan udara ke dalam ruangan. Ventilasi dalam ruangan yang efektif harus memenuhi beberapa kriteria, antara lain:

- a) Luas lubang ventilasi permanen harus setidaknya 5% dari luas lantai ruangan, sedangkan luas ventilasi yang dapat dioperasikan (bisa dibuka dan ditutup) juga harus minimal 5% dari luas lantai. Dengan demikian, total luas ventilasi dalam suatu ruangan berkisar antara minimal 10% hingga maksimal 20% dari luas lantai ruangan tersebut. Idealnya, sebuah ruangan memiliki luas bukaan yang setara dengan 15% dari luas lantainya.

- b) Udara yang masuk harus udara bersih, tidak tercemar oleh sampah atau dari pabrik, knalpot kendaraan, debu dan lain-lain.
- c) Aliran udara sebaiknya tidak menyebabkan orang masuk angin.
- d) Memfasilitasi aliran udara melalui ventilasi silang dengan menempatkan bukaan yang saling berhadapan di dalam ruangan. Menjaga agar kelembapan udara tidak terlalu rendah (menyebabkan kulit kering dan pecah-pecah) maupun terlalu tinggi (menyebabkan berkeringat)

Kelembapan dipengaruhi oleh uap air dari berbagai sumber, termasuk penguapan dari samudra, sungai, danau, tanaman, serta mikroorganisme hidup lainnya. Kelembapan atmosfer yang tinggi menghambat penguapan dari permukaan kulit, sehingga mengganggu mekanisme pelepasan panas tubuh. Akibatnya, kelembapan yang tinggi dapat menyebabkan ketidaknyamanan termal.

Kelembapan dapat memengaruhi gejala SBS, dan terdapat hubungan yang signifikan antara kekeringan udara, kelembapan, serta suhu dengan gejala yang berdampak pada selaput lendir. Polutan kimia dan partikulat dalam kondisi kelembapan rendah dapat menyebabkan kekeringan serta iritasi pada mata dan saluran pernapasan, sementara tingkat kelembapan di atas 60% dapat menimbulkan rasa lelah dan sensasi sesak napas. Perubahan warna, pengelupasan permukaan material, noda akibat kelembapan, perlengketan, dan bau apek merupakan tanda-tanda adanya masalah kelembapan.

4. Laju Ventilasi

a.) Dampak

Pertukaran udara yang tidak memadai dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme, yang berdampak buruk bagi kesehatan manusia.

b.) Faktor Risiko

1. Kurangnya ventilasi (jumlah dan luas ventilasi tidak memadai untuk memenuhi persyaratan kesehatan).
2. Tidak adanya pemeliharaan rutin sistem tata udara (AC).

c.) Upaya Penyehatan

Langkah-langkah untuk meningkatkan kualitas udara dapat diterapkan dengan mengatur pertukaran udara, seperti:

1. Memastikan rumah memiliki ventilasi dengan luas minimal 10% dari luas lantai yang menggunakan sistem ventilasi silang (cross-ventilation).
2. Untuk rumah dengan AC: perawatan AC berkala sesuai panduan dan memastikan adanya pertukaran udara secara rutin dengan membuka jendela, setidaknya pada pagi hari.
3. Menggunakan kipas penyedot udara atau *exhaust fan*
4. Mengoptimalkan tata letak ruangan

5. Partikel debu diameter 2,5 μ (PM_{2,5}) dan Partikel debu diameter 10 μ (PM₁₀)

a.) Dampak

PM_{2,5} dan PM₁₀ dapat menyebabkan pneumonia, gangguan sistem pernafasan, iritasi mata, alergi, dan bronkitis. PM_{2,5} dapat menembus paru-paru yang berujung pada emfisema paru, asma bronkial, dan kanker paru-paru, serta gangguan kardiovaskular (KVS).

b.) Faktor Risiko

Secara umum, PM_{2,5} dan PM₁₀ berasal dari pengaruh udara luar (aktivitas manusia yang melibatkan pembakaran dan kegiatan industri). Sumber di dalam ruangan meliputi aktivitas merokok, penggunaan bahan bakar biomassa untuk memasak, serta penggunaan obat nyamuk bakar.

c.) Upaya Penyehatan

Langkah-langkah yang dapat diambil untuk mengendalikan konsentrasi PM_{2,5} meliputi:

1. Membersihkan debu rumah tangga setiap hari menggunakan pel basah atau penyedot debu. Memasang penangkap debu (*electro precipitator*) pada ventilasi rumah dan dibersihkan secara berkala.
2. Memasang perangkat penangkap debu (presipitator elektrostatis) pada ventilasi rumah dan membersihkannya secara berkala.
3. Menanam tanaman di sekitar rumah untuk mengurangi masuknya debu.

b. Sumber Pencemar Kimia

Upaya remediasi yang bersumber dari pencemaran kimia termasuk sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), timbal (Pb), asbestos, formaldehid (HCHO), senyawa organik yang mudah menguap (VOC), dan Environmental Tobacco Smoke (ETS) sangatlah penting. Kualitas udara yang tidak memenuhi standar kimia akibat faktor-faktor risiko tersebut dapat berdampak buruk bagi kesehatan, sehingga langkah-langkah perbaikan perlu dilakukan.

1. Sulfur dioksida (SO₂)

a.) Dampak

Sulfur dioksida (SO₂) dapat memengaruhi sistem pernapasan dan mengganggu fungsi paru-paru, menyebabkan iritasi mata serta peradangan saluran pernapasan yang memicu

batuk, sekresi lendir, serta serangan asma dan bronkitis kronis dan juga menyebabkan tekanan darah rendah, denyut nadi cepat, serta sakit kepala.

b.) Faktor Risiko

1. Penggunaan bahan bakar seperti arang, kayu, minyak bumi dan batu bara.
2. Merokok di dalam rumah.

c.) Upaya Penyehatan

Langkah-langkah yang dapat diambil untuk mengendalikan kadar SO₂ meliputi: Menggunakan ventilasi alami atau mekanik dalam rumah agar terjadi pertukaran udara;

1. Menggunakan ventilasi alami atau mekanis di dalam rumah untuk memastikan pertukaran udara
2. Menggunakan bahan bakar rumah tangga yang ramah lingkungan, seperti Liquefied Petroleum Gas (LPG) dan listrik;
3. Tidak merokok di dalam rumah

2. Nitrogen dioksida (NO₂)

a.) Dampak

Nitrogen dioksida (NO₂) dapat menyebabkan gangguan sistem pernapasan seperti kelemahan, batuk, sesak napas, bronkopneumonia, edema paru, dan sianosis, serta methemoglobinemia.

b.) Faktor Risiko

1. Penggunaan bahan bakar seperti arang, kayu, minyak bumi dan batu bara.
2. Merokok di dalam rumah.

c.) Upaya Penyehatan

Langkah-langkah perbaikan yang dapat diambil untuk mengendalikan kadar NO₂ meliputi: Menggunakan

ventilasi alami atau mekanik dalam rumah agar terjadi pertukaran udara;

1. Menggunakan bahan bakar rumah tangga yang ramah lingkungan, seperti LPG dan listrik;
2. Tidak merokok di dalam rumah.

3. Karbon monoksida (CO)

a.) Dampak

1. Efek toksik CO mengganggu pengangkutan oksigen ke jaringan, yang mengakibatkan anoksia jaringan dan gangguan sistem saraf pusat, seperti hilangnya kepekaan ujung jari, gangguan daya ingat, perkembangan mental yang buruk terutama pada balita yang berat badan lahir rendah, kematian janin, dan gangguan kardiovaskular.
2. Gejala akibat keracunan gas CO meliputi pusing, mual, gelisah, sesak napas, nyeri dada, kebingungan, wajah pucat, hilangnya kesadaran, gagal napas, dan kematian.

b.) Faktor Risiko

1. Penggunaan bahan bakar seperti arang, kayu, minyak bumi, dan batu bara.
2. Merokok di dalam rumah.

c.) Upaya Penyehatan

Langkah-langkah untuk mengendalikan kadar CO demi kesehatan meliputi:

1. Menggunakan ventilasi alami atau mekanis di dalam rumah untuk memperlancar pertukaran udara dan membuang sisa hasil pembakaran.
2. Menggunakan bahan bakar rumah tangga yang ramah lingkungan, seperti LPG dan listrik
3. Tidak merokok di dalam rumah.
4. Tidak menyalakan mesin kendaraan bermotor dalam ruangan tertutup.

4. Karbon dioksida (CO₂)

a.) Dampak

1. Konsentrasi di atas ambang batas yang ditetapkan dapat menyebabkan rasa kantuk dan sakit kepala, serta mengurangi aktivitas fisik.
2. Pada konsentrasi 3% (30.000 ppm), zat ini bertindak sebagai narkotik ringan dan menyebabkan peningkatan tekanan darah serta gangguan pendengaran.
3. Pada konsentrasi 5% (50.000 ppm), zat ini menyebabkan stimulasi pernapasan, pusing, dan kesulitan bernapas, yang diikuti oleh sakit kepala.
4. Pada konsentrasi >8% (80.000 ppm), zat ini dapat menyebabkan sakit kepala, keringat berlebih, tremor, dan hilangnya kesadaran setelah paparan selama 5–10 menit.

b.) Faktor Risiko

1. Penggunaan bahan bakar seperti arang, kayu, minyak bumi, dan batu bara
2. Merokok di dalam rumah
3. Kepadatan penghuni dalam ruang tinggi

c.) Upaya Penyehatan

Langkah-langkah yang dapat diambil untuk mengendalikan kadar CO₂ meliputi:

1. Menggunakan ventilasi alami atau mekanis di dalam rumah untuk memastikan pertukaran udara
2. Menggunakan bahan bakar rumah tangga yang ramah lingkungan, seperti LPG dan listrik
3. Tidak merokok di dalam ruangan
4. Tidak menyalakan mesin kendaraan bermotor di ruang tertutup
5. Melakukan perawatan kendaraan bermotor secara rutin (memastikan kepatuhan terhadap standar emisi gas buang)

6. Menanam tanaman di sekitar rumah

5. Timbal (Plumbum = Pb)

a.) Dampak

1. Gangguan yang memengaruhi sistem saraf pusat, sel darah, dan ginjal.
2. Konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan kejang, koma, bahkan sampai kematian.
3. Paparan pada anak-anak atau janin dapat menimbulkan dampak yang lebih parah, seperti terhambatnya pertumbuhan, penurunan kecerdasan, gangguan konsentrasi, dan gangguan perilaku..

b.) Faktor Risiko

1. Cat dengan kandungan Timbal
2. Gas timbal juga bisa berasal dari luar rumah

c.) Upaya Penyehatan

1. Bersihkan lantai dan area bermain anak menggunakan campuran air dan detergen berfosfat tinggi untuk menghilangkan timbal dan debu secara efektif. Membiasakan anak-anak selalu mencuci tangan dengan sabun
2. Biasakan anak-anak untuk mencuci tangan menggunakan sabun.
3. Hindari penggunaan cat yang mengandung timbal (Pb).
4. Jangan membakar, membersihkan, atau mengikis/mengelupas kayu yang dicat, karena cat tersebut mungkin mengandung timbal.
5. Pekerja yang terpapar timbal (seperti mereka yang bekerja dalam pengolahan baterai bekas atau pemulungan limbah) harus mengganti pakaian kerja serta mencuci tangan dan kaki dengan sabun sebelum masuk ke dalam rumah.
6. Konsumsi makanan yang tinggi kalsium dan zat besi.

7. Perawatan berkala kendaraan bermotor (lulus uji emisi gas buang)

6. Asbes

a.) Dampak

Asbes dapat memicu kanker (bersifat karsinogenik) dan asbestosis (kerusakan paru permanen).

b.) Faktor Risiko

Bahan bangunan yang mengandung asbes (atap dan langit-langit), dan sebagai isolasi tahan api.

c.) Upaya Penyehatan

1. Pastikan material yang mengandung asbes dalam kondisi baik; periksa secara berkala dan ganti material bangunan tersebut sebelum mengalami kerusakan atau penurunan kondisi.
2. Jangan memotong, mengamplas, atau melakukan pekerjaan lain pada material bangunan yang mengandung asbes.
3. Jangan membuang material yang mengandung asbes secara sembarangan. Saat membuang material tersebut, sebaiknya gunakan tenaga kerja yang terlatih.
4. Menggunakan alat pelindung diri saat melakukan aktivitas yang melibatkan asbes.

7. Formaldehyde (HCHO)

a.) Dampak

1. Gas formaldehida dapat menyebabkan mata berair, sensasi perih pada mata dan tenggorokan, serta kesulitan bernapas, terutama pada konsentrasi yang melebihi 0,1 ppm.
2. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, gas ini dapat memicu serangan asma dan berpotensi menyebabkan kanker pada manusia.

b.) Faktor risiko:

1. Bahan bangunan dan produk-produk rumah tangga.

2. Produk sampingan dari hasil pembakaran bahan bakar biomassa dan proses alami lainnya; akibatnya, gas ini secara alami terdapat di lingkungan dalam maupun luar ruangan.
3. Dalam rumah, berasal dari produk kayu olahan yang diberi perlakuan resin urea-formaldehida atau fenol-formaldehida, serta dari cat, lem, dan produk kayu olahan lainnya.

c.) Upaya Penyehatan

1. Menggunakan produk furnitur dari kayu olahan (*pressed woods*) yang direkomendasikan aman bagi kesehatan khususnya yang memiliki tingkat emisi lebih rendah karena menggunakan resin fenol, bukan resin urea.
2. Periksa kadar formaldehida pada perabotan atau bahan bangunan sebelum membelinya.
3. Gunakan (*Air Conditioning/AC*) dan pengatur kelembapan untuk menjaga suhu tetap moderat (tidak terlalu panas maupun terlalu dingin) serta mengurangi tingkat kelembapan. Pastikan rumah memiliki ventilasi yang memadai.

8. Volatile Organic Compounds/VOCs (senyawa organik yang mudah menguap)

a.) Dampak

1. Masalah kesehatan akibat paparan VOC bervariasi tergantung pada senyawa spesifiknya; dampaknya berkisar dari iritasi pada mata, hidung, dan tenggorokan, sakit kepala, mual, serta hilangnya koordinasi tubuh, hingga kerusakan pada ginjal, hati, dan sistem saraf pusat.
2. Produk yang mengandung metilen klorida seperti cat, pelarut, dan semprotan aerosol diketahui dapat menyebabkan kanker pada hewan. Senyawa ini juga dapat diubah menjadi karbon monoksida di dalam tubuh, yang

berpotensi menimbulkan gejala serupa dengan keracunan karbon monoksida.

b.) Faktor resiko

1. Berbagai produk dapat melepas zat voc tersebut ke udara dalam bentuk gas, seperti cat dan pernis, cairan pembersih serta disinfektan, pestisida, bahan bangunan pelapis, peralatan kantor seperti mesin *fotocopy* dan printer, serta perlengkapan seni dan grafis, termasuk lem, perekat, spidol, dll.
2. *Formaldehid* merupakan salah satu bahan bakar cair dan pelarut organik
3. Benzena bersifat karsinogenik
4. Asap rokok
5. Cat dan bahan pelapis
6. Bahan bakar
7. Emisi kendaraan dari grasi
8. Emisi *perchloroethylene* dari pakaian hasil *dry cleaning*.

c.) Upaya Penyehatan

1. Memperbaiki sirkulasi udara saat menggunakan produk yang menghasilkan VOC.
2. Tidak menyimpan wadah produk yang menghasilkan VOC setelah digunakan.
3. Menutup permukaan panel dan perabot yang terbuka untuk mengurangi paparan.
4. Menerapkan pengendalian hama terpadu untuk mengurangi penggunaan pestisida.
5. Menggunakan produk rumah tangga sesuai petunjuk pemakaian
6. Menyimpan produk yang mengandung VOC jauh dari anak-anak dan hewan peliharaan.

9. Asap Rokok (Envirnmental Tobacco Smoke/EST)

a.) Dampak

1. Paparan asap rokok lingkungan (ETC) dapat memperburuk gejala asma pada anak.
2. Kandungan asap rokok dapat meningkatkan resiko kanker paru-paru, impotensi, penyakit jantung, serta gangguan kehamilan dan janin, sekaligus menyebabkan iritasi.
3. Bayi dan anak dari orang tua yang merokok lebih beresiko mengalami gangguan pernafasan, seperti sesak napas, batuk dan peningkatan produksi lendir.

b.) Faktor Risiko : Menghirup asap rokok

c.) Upaya penyehatan

1. Meroko diluar rumah, serta memastikan asap tidak masuk kembali ke dalam.
2. Merokok di area yang telah ditentukan saat berada di fasilitas atau lokasi umum.
3. Memberikan edukasi kepada perokok
4. Mengedukasi masyarakat mengenai bahaya menghirup asap rokok

c. Sumber Pencemar Biologi

Langkah-langkah sanitasi yang menangani sumber pencemaran biologis berfokus pada parameter seperti jamur, bakteri patogen, dan total jumlah mikroba. Kualitas udara yang kurang memenuhi persyaratan biologis dapat menimbulkan gangguan kesehatan, sehingga diperlukan tindakan sanitasi untuk mengendalikan pertumbuhan jamur, bakteri patogen, dan jumlah mikroorganisme.

a.) Dampak

Penyakit akibat paparan bioaerosol dapat berupa infeksi seperti flu, gangguan hipersensitivitas seperti asma dan alergi, serta toksikosis. Paparan udara dalam ruangan yang tercemar juga dapat memicu Sick Building Syndrome (SBS), dengan gejala serupa sakit kepala, sulit berkonsentrasi, tenggorokan kering, serta iritasi mata dan kulit.

1. SBS dapat menimbulkan iritasi mata dan hidung, kulit kering, kelelahan, sakit kepala, ISPA, batuk, bersin, serta reaksi hipersensitivitas.
2. Paparan kontaminan biologis dapat menyebabkan batuk, sesak, demam, menggigil, nyeri otot dan alergi. Salah satu penyebabnya adalah *Legionella sp.* Dapat menimbulkan *Legionnaires disease*.

b.) Faktor Risiko

1. Serangga
2. Bakteri
3. Kutu hewan peliharaan
4. Jamur
5. Serbuk sari dari luar ruangan
6. Bakteri *Legionella* dari tanah yang masuk ke dalam ruangan
7. Alga dari sekitar kolam atau danau yang terbawa angin
8. Serangga dari luar yang masuk ke bangunan
9. Kelembapan tinggi yang memicu pertumbuhan dan peningkatan spora

c.) Upaya Penyehatan

1. Bersihkan perabotan rumah secara rutin
2. Pastikan rumah memiliki ventilasi yang memadai
3. Bersihkan AC setidaknya setiap 3 hingga 6 bulan sekali.
4. Bersihkan dan keringkan karpet yang basah atau lembap.
5. Jika menggunakan ruang bawah tanah sebagai ruang hunian, pastikan tidak ada kebocoran dan ruangan memiliki sistem ventilasi yang baik.

Jika diperlukan, gunakan alat penyerap kelembapan (dehumidifier) untuk menjaga kelembapan udara dalam ruangan antara 40% dan 60%; langkah-langkah lainnya meliputi:

- a. Membersihkan lantai secara rutin menggunakan antiseptic

- b. Mengisolasi penderita penyakit menular serta mendisinfeksi peralatan yang digunakannya
- c. Memaksimalkan masuknya sinar matahari pagi ke dalam rumah, terutama kamar tidur
- d. Mengelola sampah basah dengan baik dan benar

A.4.Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Udara Dalam Ruangan

Berbagai faktor berkontribusi terhadap kualitas udara dalam ruangan. Penyebab utamanya meliputi sirkulasi udara yang buruk dan aktivitas manusia sehari-hari yang dapat menghasilkan polusi udara. Selain itu, kualitas udara dalam ruangan juga dipengaruhi oleh udara luar yang masuk melalui sistem ventilasi. Kualitas udara berdampak signifikan terhadap kesehatan penghuni, serta kenyamanan dan produktivitas mereka. Kualitas udara yang buruk tidak boleh diabaikan karena dapat menimbulkan dampak negatif, seperti keluhan terkait kesehatan. (Gita C. Ulaan *et al.*, 2022).

Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang persyaratan kualitas udara dalam ruang untuk rumah mencakup hal-hal berikut:

- a. Kualitas fisik, terdiri dari parameter: suhu, pencahayaan, kelembapan, laju ventilasi, PM₁₀, PM_{2,5} dan kebisingan.

Tabel 2. 2 Persyaratan Kualitas Udara Dalam Ruangan Rumah

No	Parameter	Standar Baku Mutu	Unit	Metode Pengukuran	Keterangan
1	Suhu	18 – 30	°C	Direct reading, thermometer	Tergantung penggunaan ruang
2	Pencahayaan	Minimal 60	lUX	Direct reading, luxmeter	Tergantung penggunaan ruang
3	Kelembapan	40-60	%RH	Direct reading, hygrometer	Tergantung penggunaan ruang

4	Laju Ventilasi	0,15 – 0,25	m/detik	Direct reading, anemometer	–
5	PM ₁₀	70	µg/m ³	Direct reading, gravimetri, dust sampler PM ₁₀	Durasi 24 jam (batas tertinggi)
6	PM _{2.5}	25	µg/m ³	Direct reading, gravimetri, dust sampler PM _{2.5}	Durasi 24 jam (batas tertinggi)
7	Kebisingan (Pemukiman)	55	dB(A)	Direct reading, sound-level meter	–

Sumber : Permenkes No.2 Tahun 2023

b. Kualitas kimia, yang mencakup parameter-parameter berikut: Sulfur dioksida (SO₂), Nitrogen dioksida (NO₂), Ozon (O₃), Karbon monoksida (CO), Karbon dioksida (CO₂), Timbal (Pb), Asbes, Radon, Formaldehida (CH₂O), Senyawa Organik Mudah Menguap (VOC), Asap tembakau lingkungan, Merkuri, dan parameter lainnya.

c. Kualitas biologi dari parameter: angka kuman.

Berdasarkan Permenkes RI No.2 Tahun 202, persyaratan kesehatan udara dalam ruang meliputi beberapa ketentuan sebagai berikut:

- 1) Memiliki sirkulasi dan pertukaran udara yang baik
- 2) Bebas dari asap rokok, asap dapur, kendaraan, dan sumber lainnya
- 3) Tidak berbau serta bebas dari debu

Ruang kamar dinilai nyamana apabila luas ruangan sesuai dengan jumlah penghuninya. Berdasarkan Permenkes (2017), luas kamar minimal 4m² per orang untuk penghuni di atas 10 Tahun. Hunian dikategorikan padat jika 2 orang menempati ruang seluas 8m².

Berdasarkan Kepmenkes RI No. 829/Menkes/SK/VII/1999, kamar tidur disyaratkan memiliki luas minimal 8m² dan sebaiknya dihuni oleh maksimal 2 orang, kecuali untuk anak-anak di bawah usia lima tahun. Ventilasi yang memadai sangat penting untuk menjaga suasana ruangan yang sehat dan nyaman; jika ventilasi ruangan tidak memenuhi standar, kualitas udara akan menurun dan berpotensi menimbulkan masalah kesehatan bagi penghuninya. (Adil Mushaithir, 2019).

B. Alat Pengendali Kelembapan

B.1. Humidifier

Humidifier adalah perangkat yang digunakan untuk melembapkan ruangan dengan cara melepaskan uap air ke udara. Alat ini bekerja dengan mengubah air menjadi uap untuk meningkatkan kelembapan udara hingga mencapai tingkat yang ideal. Selain mengatur kelembapan, humidifier membantu meredakan iritasi, mengurangi udara kering yang dapat menyebabkan kulit dan bibir kering (Fitri and Yendri, 2023).



Sumber : Simplus.Online

Gambar 2. 1 Humidifier

B.2. Dehumidifier

B.2.1. Definisi dehumidifier

Secara umum, dehumidifier beroperasi berdasarkan sistem refrigerasi. Salah satu solusi untuk mengatasi keterbatasan jenis

dehumidifier ini adalah penggunaan teknologi termoelektrik. Metode lainnya mencakup kompresi uap, pendinginan yang dikombinasikan dengan pemanas listrik terintegrasi, serta pemanfaatan gas panas yang dihasilkan oleh kompresor. Dehumidifikasi merupakan proses kondensasi parsial di mana uap yang terkondensasi disingkirkan. (Suryantoro, 2023).



Gambar 2. 2 Dehumidifier

Sumber : Simplus.Online

B.2.2. Spesifikasi Dehumidifier



Sumber : Simplus.Online

Gambar 2. 3 Spesifikasi Dehumidifier

Merek Dehumidifier	: Simplus
Daya	: 30 Watt
Tegangan	: 100-240 Volt
Kapasitas Tangki Air	: 1 Liter
Berat	: 1,6 Kg

B.2.4. Cara Penggunaan Dehumidifier

Berikut ini cara penggunaan Dehumidifier, yaitu :

a) Tombol ON/OFF

1. Setelah menyambungkan ke stopkontak, lampu pada tombol ON/OFF akan berkedip, menandakan mode siaga
2. Tekan tombol ON/OFF untuk menyalakan dehumidifier, lampu indikator LED akan menyala.
3. Secara bawaan, lampu ambient berwarna biru. Tekan sekali lagi untuk mematikannya.
4. Saat dehumidifier terhubung ke daya, tekan dan tahan tombol ON/OFF selama 5 detik untuk mengaktifkan mode penggantian warna lampu ambien. Saat ini, lampu indikator ambient akan berkedip. Dalam mode ini, tekan tombol ON/OFF sekali untuk mengganti warna lampu. Warna yang tersedia adalah biru, ungu, oranye, kuning, dan lampu warna-warni.
5. Setelah menyentuh tombol untuk kelima kalinya dalam mode penggantian warna lampu ambient, perangkat akan masuk ke mode tidur dengan layar mati untuk menghemat energi.
6. .Lampu ambient berwarna biru akan menyala secara bawaan saat perangkat dihidupkan (jika tidak ada operasi dalam 5 detik, perangkat akan otomatis masuk ke mode saat ini).

b) Lampu Merah dan Suara Peringatan

1. Jika tangki air penuh atau posisinya salah, lampu merah akan menyala dan terdengar suara peringatan.
2. Kosongkan air di dalam tangki, lalu masukkan kembali ke dehumidifier. Lampu merah akan padam, dan perangkat siap digunakan kembali.

c) Cara Mengeluarkan Tangki Air dan Mengosongkannya

1. Cabut sumber daya: Ketika tangki air penuh, lampu merah akan berkedip, dan dehumidifier otomatis berhenti bekerja.
2. Lepaskan tangki air.

3. Buka tutup tangki dan buang air didalamnya.
4. Pasang kembali tangki air ke dalam dehumidifier. Untuk melanjutkan proses dehumidifikasi, sambungkan kembali daya dan tekan tombol "ON/OFF" lagi.

B.2.4. Cara Perawatan Dehumidifier

Adapun cara perawatan Dehumidifier, yaitu :

1. Simpan perangkat dalam posisi tegak untuk mencegah kebocoran air
2. Pastikan penutup tangki air ditutup rapat sebelum penggunaan untuk mencegah kebocoran air
3. Jika terdapat debu atau kotoran di saluran udara, bersihkan dengan kain lembut
4. Kosongkan area dalam jarak 15 cm disekitar dehumidifier untuk penggunaan optimal
5. Jangan masukkan benda apapun ke dalam saluran udara untuk mencegah kerusakan

C. Sensor Suhu dan Kelembapan berbasis Internet of Things (IoT)

C.1.Sensor Suhu Dan Kelembapan

a. DHT11

Sensor DHT11 adalah sensor digital yang mengukur suhu dan kelembapan yang memiliki toleransi kesalahan yang lebih besar dibandingkan dengan sensor suhu yang lebih canggih, sehingga pembacaan suhunya sering kali tidak konsisten dengan kondisi sebenarnya. Sensor DHT11 memiliki nilai eror 2 derajat pada rentan suhu 0 hingga 50 derajat (Pratomo *et al.*, 2025).



Sumber : Bisaiot.com

Gambar 2. 4 DHT11

b. DHT21

Sensor DHT21 adalah sensor digital yang mengukur suhu dan kelembapan dengan tingkat akurasi tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Utama *et al.* (2019) menunjukkan bahwa sensor DHT21 memiliki tingkat error kurang dari 1°C, jauh lebih rendah dibandingkan DHT11 yang memiliki toleransi kesalahan hingga 2°C. Keunggulan ini menjadikan DHT21 pilihan yang lebih tepat untuk sistem otomasi yang membutuhkan data suhu yang real time dan akurat. Selain itu, studi Ambarwati dan Abidin (2021) menyebutkan bahwa integrasi DHT21 dengan mikrokontroler seperti ESP32 memberikan respons cepat terhadap fluktuasi suhu, sehingga mampu menyesuaikan sistem pendinginan secara otomatis.



Sumber : Circuit-DIY.com

Gambar 2. 5 DHT21

C.2. ESP32

ESP32 adalah *Mikrokontroler Open Source* berbasis papan input/output yang dilengkapi dengan berbagai fitur termasuk konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi sehingga dapat digunakan untuk berbagai aplikasi (Veda *et al.*, 2022). Perangkat ini merupakan cip mandiri yang memadukan prosesor dan memori, sekaligus menyediakan dukungan bawaan untuk konektivitas Wi-Fi secara langsung (Intan *et al.*, 2022).



Sumber : Ardutech.com

Gambar 2. 6 ESP32

C.3. Optocoupler

Berfungsi sebagai penghubung rangkaian listrik menggunakan cahaya, tanpa hubungan listrik langsung untuk melindungi komponen sensitif dari lonjatan tegangan tinggi, kerusakan dan gangguan listrik.



Gambar 2. 7 Optocoupler

Sumber : Build Electronic Circuits.com

C.4. Stepdown Lm2596

Modul LM2596 adalah regulator tegangan DC-DC yang mampu menurunkan tegangan *input* tinggi ke *level* lebih rendah secara efisien dan dapat disesuaikan. Modul ini mendukung *input* 4–40V, *output* 1,23–35V, dan arus maksimum 2A. Fitur proteksi arus pendek membuatnya ideal untuk sistem mikrokontroler dan IoT yang memerlukan daya stabil.



Gambar 2. 8 Stepdown Lm2596

Sumber : Ecadiaao.com

C.5. LED Indikator

LED Indikator adalah komponen elektronik kecil yang memancarkan cahaya untuk memberikan informasi visual. Lampu ini berfungsi sebagai penanda status perangkat, seperti menunjukkan adanya daya, mode operasi, atau peringatan kesalahan (*error*).



Sumber : HQG Optoelectronics.com

Gambar 2. 9 LED Indikator

C.6. Adaptor

Adaptor adalah perangkat daya (*power supply*) yang digunakan sebagai sumber energi utama dalam sistem. Adaptor ini mengubah tegangan AC dari listrik rumah (220V) menjadi tegangan DC, sehingga dapat digunakan untuk menyalakan rangkaian elektronik.

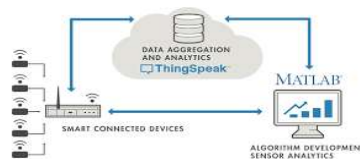


Sumber : Ecadio.com

Gambar 2. 10 Adaptor

C.7. Thingspeak

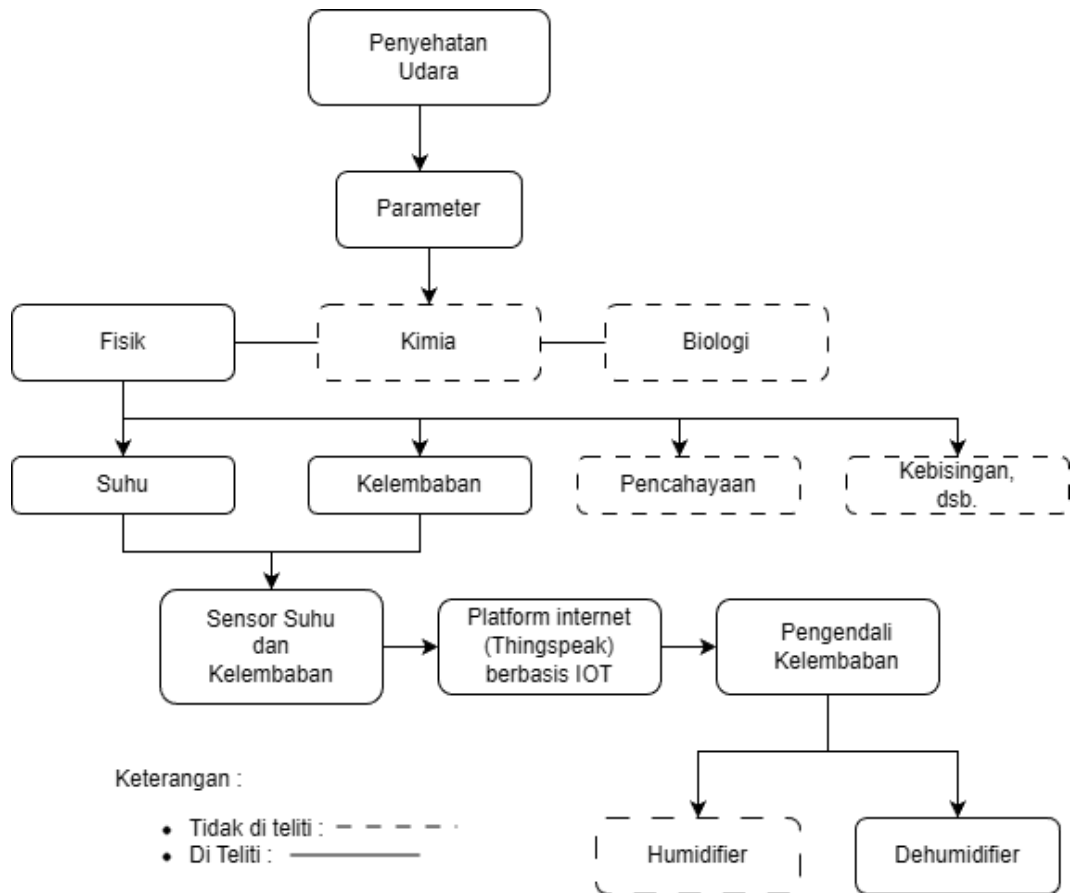
ThingSpeak adalah platform yang digunakan sebagai layanan *cloud* dalam sistem *Internet of Things* (IoT). Platform ini merupakan platform web sumber terbuka (*Open-source*) untuk menjalankan aplikasi dan API. Data yang diunggah ke ThingSpeak dapat disimpan dan diambil menggunakan *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) serta ditampilkan pada dasbor gratis yang disediakan.



Sumber : thingspeak.mathworks.com

Gambar 2. 11 Thingspeak

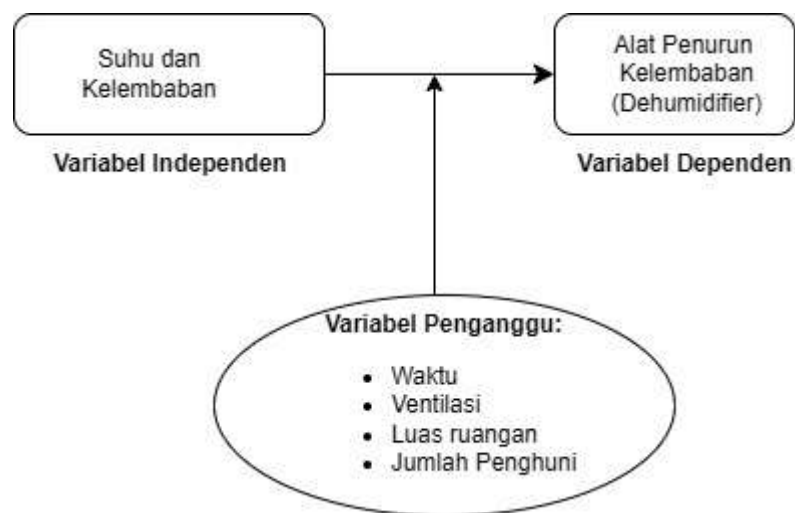
D. Kerangka Teori



Gambar 2. 12 Kerangka Teori

Sumber : Modifikasi (Permenkes No 1077/MENKES/PER/V/2011)

E. Kerangka Kosep



Gambar 2. 13 Kerangka Konsep

F. Definisi Operasional

Tabel 2. 3 Defenisi Operasional

No	Variable	Defenisi Operasional	Alat Ukur	Hail Ukur	Skala Ukuran
1	Suhu	Nilai temperatur udara yang diukur sebelum dan sesudah penggunaan alat pengendali kelembapan. Pengukuran suhu dilakukan untuk mengetahui perubahan temperatur selama proses penelitian berlangsung.	Sensor DHT21/ Thermohygro meter	Nilai suhu dalam derajat Celcius (°C)	Rasio
2	Kelembapan	Kadar uap air yang terkandung di udara, sebelum serta sesudah penggunaan alat pengendali kelembapan.	Sensor DHT21/ Thermohygro meter	Nilai kelembapan relatif dalam persen (%)	Rasio
3	Dehumidifier	Perangkat penurun kelembapan udara ketika tingkat kelembapan	Dehumidifier otomatis	Status ON/OFF berdasarkan kelembapan	Nominal

		ruangan melebihi standar baku mutu.			
4	Waktu	Durasi total proses pengukuran suhu dan kelembapan sejak alat diaktifkan hingga selesai.	Stopwatch / timer digital	Lama pengukuran (menit/jam)	Rasio
5	Ventilasi	Kondisi sistem pertukaran udara pada ruangan yang dapat mempengaruhi suhu dan kelembapan.	Observasi langsung	Ada atau Tidak Ada	Nominal
6	Jumlah Penghuni	Banyaknya orang yang berada di dalam ruangan ketika pengukuran dilakukan.	Observasi langsung	Jumlah orang	Rasio
7	Luas Ruangan	Ukuran area ruangan tempat pengukuran dilakukan. Sampel hanya diambil pada ruangan dengan luas minimal 4m ² .	Meteran	Luas ruangan dalam meter persegi (m ²)	Rasio

G. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian merupakan dugaan awal yang dirumuskan untuk menjawab permasalahan penelitian. Walaupun bersifat sementara, hipotesis memiliki peran penting karena membantu peneliti menetapkan batas fokus penelitian sehingga proses pengumpulan data dapat diarahkan secara tepat. Selain itu, hipotesis memudahkan peneliti dalam menyusun desain penelitian dan menentukan metode analisis data yang sesuai. Karena hipotesis hanya merupakan jawaban sementara, maka kebenarannya perlu dibuktikan melalui pengujian statistik untuk menilai apakah hipotesis tersebut dapat diterima atau ditolak. Adapun dalam penelitian ini sebagai berikut :

Hipotesis dalam penelitian ini menggunakan hipotesis Komparatif (*Before-After / Pre-Post Test*), yaitu sebagai berikut :

- Hipotesis Alternatif (H_a)

H_a : Terdapat perbedaan hasil penurunan kelembapan ruangan sebelum dan sesudah penggunaan alat penurunan kelembapan secara otomatis.

- Hipotesis Nol (H_0)

H_0 : Tidak terdapat perbedaan hasil penurunan kelembapan ruangan sebelum dan sesudah penggunaan alat penurunan kelembapan secara otomatis.